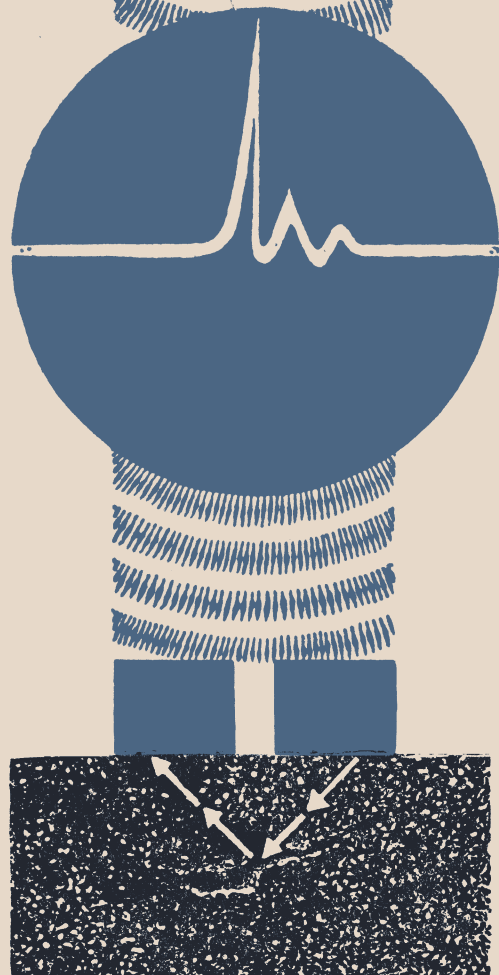


IV серия Техника 1965 **1**



И. Г. ХОРБЕНКО

ультразвук в действии

И. Г. ХОРБЕНКО,
инженер

УЛЬТРАЗВУК В ДЕЙСТВИИ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»
Москва 1965

СОДЕРЖАНИЕ

	<i>Стр.</i>
Неслышимые звуки	3
Ультразвуковое резание	9
Ультразвук очищает	12
Сварка, пайка, лужение ультразвуком	16
Ультразвук-ускоритель	18
Экспресс-анализ	24
Надежный контроль	27
Ультразвук в медицине	34
Разведчик морских глубин	39

ИВАН ГРИГОРЬЕВИЧ ХОРБЕНКО

Редактор **Ж. М. Мельникова**

Худож. редактор **Г. И. Петушкова**

Техн редактор **М. Т. Перегудова**

Корректор **В. Н. Никитина**

Обложка **В. Алешина**

Сдано в набор 6/X 1964 г. Подписано к печати 11/XII 1964 г. Изд. № 139.
 Формат бум. 60×90^{1/16}. Бум. л. 1,5. Печ. л. 3,0. Уч.-изд. л. 2,93.
 А 11029. Цена 9 коп. Тираж 46 400 экз. Заказ 3475.
 Издательство «Знание». Москва, Центр, Новая пл., д. 3/4.

Типография изд-ва «Знание». Москва, Центр, Новая пл., д. 3/4.

НЕСЛЫШИМЫЕ ЗВУКИ

Океанский пароход «Титаник», построенный английской фирмой, столкнулся с айсбергом у берегов Северной Америки и через несколько минут вместе с пассажирами и экипажем пошел ко дну. Спаслись единицы. В гибели «Титаника» обвинялись владельцы фирмы, которые пренебрегли мерами предосторожности и приказали капитану «Титаника» идти с максимальной скоростью. Они были заинтересованы в том, чтобы корабль побил мировой рекорд в скорости и создал рекламу фирме.

Через два года после гибели «Титаника» мир узнал еще об одном трагическом событии, происшедшем в море. Шла первая мировая война. 22 октября 1914 г. три английских броненосных крейсера «Абукир», «Хок» и «Кресси» находились в дозоре у голландского побережья. Внезапно у борта крейсера «Абукир» раздался мощный взрыв. Крейсер начал медленно тонуть. Два других поспешили к нему на помощь, но через несколько секунд второй крейсер разделил участь первого, а вскоре пошел ко дну и третий.

Английские крейсера были торпедированы маленькой немецкой подводной лодкой «U-9» и затонули, не сделав ни одного выстрела.

После этих двух случаев ученые стали активно искать средства, с помощью которых можно обнаруживать подводные лодки и подводные препятствия. Попробовали использовать для этой цели звуковые волны, отраженные от препятствий. Но по звуковым волнам устанавливают лишь наличие подводного объекта и определяют расстояние до него, направление же на объект они не показывают, так как распространяются ненаправленно. Решили применить ультразвуковые волны.

Еще в конце XVIII в. итальянский ученый Спалланцани заинтересовался способностью летучих мышей в полной темноте не наткнуться на предметы и даже ловить насекомых. Ученый провел много опытов. Вначале он лишил нескольких летучих мышей зрения. Оказалось, что и слепые мыши имели в желудке столько же насекомых, сколько зрячие. Поочередно летучую мышь лишали обоняния, осязания, вкуса, но ничего

не менялось. И только когда ее лишили слуха, она потеряла способность ориентироваться в темноте и стала натекаться на препятствия. Не найдя объяснения этому явлению, ученые вскоре о нем забыли.

Но спустя много лет ученые вновь вернулись к наблюдению за летучими мышами. С помощью электронных приборов удалось зафиксировать звуки, которые издает летучая мышь. Эти звуки человек не слышит, так как частота их выше 20 000 гц, т. е. находится за пределами слышимого диапазона. Летучую мышь лишили голоса, закрыв ей рот, и она потеряла ориентировку в темноте, как при лишении ее слуха. Значит, голос и слух — это единое целое в организме летучей мыши. Она издает направленные ультразвуковые посыпки, которые, отражаясь от предметов, воспринимаются органами слуха, как эхо. Число посылок изменяется в зависимости от расстояния между летучей мышью и предметом. При уменьшении расстояния до предмета число посылок увеличивается. Если до предмета 20 м, летучая мышь издает 5—8 посылок в секунду, а если 1—2 м — до 60 посылок.

Не меньший интерес представляют обитатели моря — дельфины. У них чрезвычайно хорошо развит голосовой и слуховой аппарат, что позволяет им издавать и воспринимать звуки в широком диапазоне частот от нескольких сотен герц до нескольких десятков тысяч герц. Именно поэтому дельфины то визжат или свистят, то хрюкают или щелкают, а иногда издают звуки, напоминающие скрежет. Были проведены специальные опыты в морских аквариумах и прудах. Оказалось, что дельфины и в мутной воде и ночью с большой скоростью обходят установленные в воде препятствия. Более того, они безошибочно обнаруживают маленьких рыб, опущенных в воду, подплывают к ним и заглатывают, не видя их. Даже такой маленький предмет, как дробинок, дельфин обнаруживает на расстоянии 15—20 м. Следовательно, дельфины, как и летучие мыши, пользуются ультразвуковой локацией. Она помогает находить добычу и другим китообразным. Но как им удается сфокусировать ультразвуковые волны в узкий пучок, ведь известно, что у китообразных нет голосовых связок? Зато у них имеются специальные полости, которые заполняются воздухом. При сжатии этих полостей происходит вибрация перепонки, в результате чего возникают ультразвуковые и звуковые колебания. Роль же фокусирующего ультразвука, как предполагают ученые, выполняет жировая линза, расположенная в черепе кита. Отразившись от костей черепа, ультразвуковые лучи проходят через жировую линзу и в ней фокусируются. В зависимости от расстояния до пеленгуемого объекта кит сжимает или разжимает жировую линзу, и фокусировка бывает большей или меньшей.

Специалисты отделения противолодочного оружия одной

из зарубежных фирм с помощью гидрофонов с записывающими системами исследовали акустическую активность калифорнийских серых китов и установили, что максимальная концентрация звуковой энергии приходится на диапазон 80—300 *гц*, длительность импульсов — 0,1 сек. Исследования показали также, что серые киты не способны к такой точной эхолокации, как дельфины.

Много интересного об ультразвуке дают наблюдения и за некоторыми другими животными. Собака, кошка, морская свинка, сова, серая мышь, барсук и другие животные хорошо воспринимают ультразвуковые колебания, которых не слышит человек. Ультразвуки существуют не только в животном мире. Они возникают при работе различных механизмов. Наиболее интенсивные ультразвуки появляются на аэродромах при работе двигателей реактивных самолетов. Но это ультразвуки неорганизованные и не могут быть использованы человеком. Определенные шумы ультразвуковой частоты неблагоприятно воздействуют на организм человека и животных. Чтобы получить ультразвуковые колебания, которые может использовать человек, нужны специальные устройства.

Ультразвуки иногда называют неслышимыми, так как они не воспринимаются органами слуха человека. Слышимый диапазон звуков находится в пределах от 16 до 20 тыс. *гц*, причем дети могут слышать звуки с частотой до 20 тыс. *гц*, а пожилые люди не более 16 тыс. *гц*. Звуки, частота которых выше 20 тыс. *гц*, называются *ультразвуками*, а звуки, частота которых ниже 16 *гц* (их человек тоже не слышит), называются *инфразвуками*.

Ультразвуки можно получить механическим и электромеханическим способами. При механическом способе для получения ультразвуковых колебаний применяют механические излучатели: свистки, генераторы, сирены. С помощью ультразвукового свистка можно создать ультразвуковые колебания с частотой до 100 *кгц*. Принцип его действия основан на том, что поток воздуха с большой скоростью разбивается об острый край внутренней полости свистка, вызывая колебания с частотой, равной собственной частоте резонатора. Изменяя размеры резонатора, можно изменять частоту колебаний. Чем меньше размеры резонатора, тем больше частота колебаний.

Ультразвуковые генераторы (жидкостные свистки) применяют для получения ультразвука в жидкостях. Струя жидкости, выходя из сопла с большой скоростью, разбивается об острый край пластинки, по обе стороны которой возникают завихрения, вызывающие изменение давления с большой частотой.

На другом принципе работает сирена. Она имеет два диска, помещенных в камеру. На каждом диске большое количество отверстий. Если внутренний диск (ротор) вращать, то его

отверстия в определенные моменты совпадают с отверстиями наружного диска (статора), и тогда через них выходит воздух, поступающий под большим давлением в камеру. Происходит пульсация воздуха. Чем больше скорость вращения ротора и чем больше отверстий, тем чаще пульсация.

Электромеханические излучатели основаны на преобразовании электрического тока в механические колебания определенной частоты. Чтобы получить механические колебания ультразвуковой частоты, нужно подвести к излучателю переменный ток такой же частоты. С помощью электромеханических излучателей получают высокочастотные ультразвуковые колебания. По принципу действия электромеханические излучатели делятся на электродинамические, пьезоэлектрические и магнитострикционные.

Электродинамический излучатель основан на возникновении колебаний проводника, несущего переменный ток в магнитном поле. Если к проводнику жестко прикрепить мембрану, то она будет колебаться с частотой изменения магнитного поля. Электродинамические излучатели работают в пределах до 30 кгц. В них широко используется свойство механического резонанса. Размеры мембраны, а также ее вес и упругость выбирают такими, чтобы собственные колебания системы совпадали или почти совпадали с заданной частотой излучения. Использование резонанса позволяет увеличить амплитуду колебаний при определенной частоте, т. е. получить резонансную частоту данной системы.

В настоящее время более широко применяют пьезоэлектрические и магнитострикционные излучатели, в которых используется пьезоэлектрический и магнитострикционный эффект. Пьезоэлектрический эффект был обнаружен у кристаллов кварца, сегнетовой соли, турмалина, хлорита натрия, цинковой обманки и у других кристаллов. Пьезоэлектричество—это электричество, возникшее от давления (по-гречески «пьеzo» — давить).

В 1880 г. французские ученые Поль Жан и Пьер Кюри заметили, что при деформации пластинки кварца на ее гранях появляются электрические заряды, противоположные по знаку. Если к пластинке кварца с двух сторон прикрепить электроды, соединив их проводниками с чувствительным прибором, то при сжатии пластинки возникает электрический заряд, а при растяжении появляется заряд той же величины, но противоположный по знаку. Возникновение электрических зарядов на гранях пластинки кварца при ее деформации получило название прямого пьезоэлектрического эффекта. Пьезоэлектрический эффект обратим. Если к электродам кварцевой пластинки подвести электрический заряд, то ее размеры будут увеличиваться или уменьшаться в зависимости от полярности подводимого заряда. Чем больше заряд, тем больше де-

формация пластинки. При изменении знака приложенного напряжения кварцевая пластинка то сжимается, то разжимается, иными словами, она колеблется в такт с изменением знаков приложенного напряжения. Если приложенное напряжение изменять с ультразвуковой частотой, то пластинка колеблется тоже с ультразвуковой частотой. Изменение размеров пластинки кварца под действием электрических зарядов называется обратным пьезоэлектрическим эффектом.

Прямой пьезоэлектрический эффект используется в приемниках ультразвуковых колебаний для их преобразования в переменный ток. Но в таком приемнике, если к нему приложить переменное напряжение, в полной мере обнаруживается и обратный пьезоэффект, который в излучателях преобразует переменный ток в ультразвук. Следовательно, пьезоэлектрические излучатель и приемник могут быть представлены в виде одного прибора, которым можно поочередно излучать и принимать ультразвуковые колебания. Такой прибор называют ультразвуковым преобразователем.

Кварц долго был одним из основных материалов для изготовления ультразвуковых преобразователей. Он очень устойчив к высоким температурам, плавится при 1470° , а теряет пьезоэлектрические свойства при 570° . Но кварц не выдерживает больших механических нагрузок, так как очень хрупок. В природе чаще встречаются кварцы сравнительно небольших размеров. Излучатель, сделанный из маленькой кварцевой пластинки, имеет небольшую мощность. Чтобы повысить мощность излучателя, маленькие пластинки кварца составляют в виде мозаики, увеличивая этим площадь излучающей поверхности. Недавно кристаллы кварца начали выращивать искусственно в лаборатории. Но они растут медленно и дороги в производстве. Зато кристаллы сегнетовой соли свободны от недостатков, присущих кристаллам кварца. Сегнетова соль легко обрабатывается, обладает значительно большим пьезоэлектрическим эффектом, и ее кристаллы легко выращивать искусственным путем. Но сегнетова соль боится влаги, имеет низкую температуру плавления и непрочна. В природе существует более трехсот кристаллических веществ, обладающих пьезоэлектрическим эффектом, но большинство из них мало пригодно для изготовления ультразвуковых преобразователей. Недавно был разработан новый пьезоэлектрический материал — титанат бария, являющийся синтетическим продуктом. Пьезоэлектрические свойства ему приданы искусственным путем. Этот материал прост в изготовлении, дешев и имеет хорошие пьезоэлектрические свойства. Кроме того, для получения одинакового эффекта излучателю из титаната бария требуется значительно меньшее напряжение, чем излучателю из кварца. Недостатком титаната бария являются большие механические и диэлектрические потери.

Кроме пьезоэлектрического эффекта, для изготовления ультразвуковых преобразователей используют магнитострикционный эффект. Еще в 1847 г. ученые заметили, что ферромагнитные материалы, помещенные в магнитное поле, изменяют свои размеры. Это явление называется магнитострикцией или магнитострикционным эффектом. Так же как и пьезоэлектрический эффект, явление магнитострикции обратимо. Если стержень из ферромагнитного материала, предварительно намагниченный или находящийся во внешнем магнитном поле, сжимать или растягивать, то его магнитные свойства будут одинаково изменяться. Если же на стержень наложить обмотку, то при его деформации в ней возникнет переменный ток.

Для изготовления магнитострикционных излучателей применяют никель, нержавеющую сталь и некоторые сплавы (пермаллой, пермендюр и др.). Так как в сплошных образцах имеются потери на вихревые токи и гистерезис, то чаще всего магнитострикционные излучатели делают из тонких (0,1—0,3 мм) склеенных между собой листов. На собранный из них сердечник накладывается обмотка. При прохождении переменного тока по обмотке излучателя его стержень деформируется с удвоенной частотой, потому что магнитное поле возникает как в положительный, так и в отрицательный период тока. Чтобы частота колебаний излучателя была равна частоте возбуждающего тока, в обмотку излучателя подводят постоянный ток поляризации.

Пьезоэлектрические и магнитострикционные преобразователи, несмотря на различие в принципе действия и в конструкции, взаимно дополняют друг друга: пьезоэлектрические преобразователи применяют в тех случаях, когда необходимо получить и принять ультразвуки больших частот (более 100 кГц), а для работы при сравнительно небольших частотах служат магнитострикционные преобразователи.

Мы рассмотрели устройство ультразвуковых излучателей, но для получения ультразвука к ним необходимо подвести переменное напряжение ультразвуковой частоты. Для этой цели применяют ультразвуковые генераторы. Они преобразуют электрическую энергию источника питания в напряжение высокой частоты, которое подается на излучатель. Генератор может быть выполнен по однокаскадной или многокаскадной схеме. В многокаскадном генераторе первый каскад является задающим генератором, второй — промежуточным, или разделительным, третий — выходным, или окончательным. Задающий генератор вырабатывает колебания определенной частоты малой мощности, промежуточный каскад предварительно усиливает колебания задающего генератора, а выходной каскад усиливает ультразвуковые колебания до мощности, необходимой для работы излучателя.

В Советском Союзе разработаны и выпускаются ультразвуковые генераторы различного назначения. В ультразвуковых установках, предназначенных для механической обработки твердых сплавов и очистки деталей, применяют генераторы большой мощности (2,5—20 кВт), а в установках ультразвуковой физиотерапии — генераторы сравнительно небольшой мощности (10—20 вт). Для промышленных целей наиболее распространены ультразвуковые генераторы УЗГ — 2,5 и УЗГ — 10. В ультразвуковых станках для механической обработки резонансная частота колебательной системы изменяется при смене инструментов и вследствие их износа. При изменении длины инструмента приходится периодически подстраивать частоту генератора, чтобы не снижалась производительность обработки. До последнего времени это делали вручную. Теперь созданы генераторы (например, УЗГС-4) с автоматической подстройкой частоты. Они с большой точностью настраивают частоту генерации колебаний на собственную частоту механической колебательной системы. В промышленности уже появились модернизированные генераторы УЗГ-2,5М и УЗГ-10У с автоподстройкой, рассчитанные для работы с преобразователями типа ПМС-6М, ПМС-7, ПМС-7А, ПМС-15А, ПМ-1,5.

Новейшие образцы ультразвуковых генераторов выгодно отличаются от своих предшественников. Например, генератор типа УМЗ-2, предназначенный для питания различных технологических устройств (для сварки, очистки, механической обработки твердых и хрупких материалов), имеет выдвижные блоки, что обеспечивает ему свободный доступ к отдельным элементам. Кроме того, у генератора предусмотрена плавная регулировка мощности от 50 до 100%. Недавно начали применять генераторы на полупроводниках. Они гораздо надежнее и устойчивее в работе и имеют меньшие габариты, чем генераторы на электронных лампах.

УЛЬТРАЗВУКОВОЕ РЕЗАНИЕ

Если железо, чугун, сталь можно обработать на токарных, сверлильных, фрезерных, строгальных и других станках, а твердые и сверхтвердые сплавы на электроэрозионных и импульсных станках, то для токонепроводящих твердых материалов — фарфора, стекла, керамики, алмаза — эти способы обработки непригодны. Дело усложняется тем, что эти материалы хрупкие. Особенно трудно высверливать в них отверстия, да еще сложной формы. Ученые настойчиво искали способ обработки сверхтвердых хрупких материалов. Воздействуя ультразвуком на различные вещества, исследователи заметили, что на стенках стеклянного сосуда остаются отпечатки формы излучателей. В месте приложения излучателя поверх-

ность стекла становилась матовой. Это натолкнуло на мысль использовать ультразвук для механической обработки твердых хрупких материалов. Между рабочей поверхностью ультразвукового излучателя и обрабатываемой деталью поместили абразивный материал и включили излучатель. Под

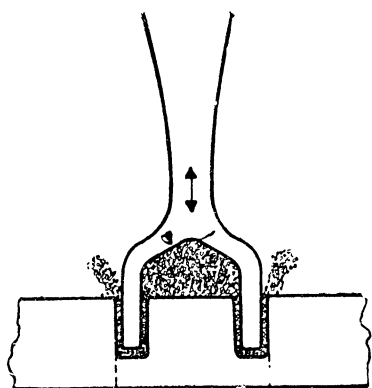


Рис. 1. Инструмент постепенно внедряется в материал, образуя отверстие, соответствующее форме инструмента.

долбящим воздействием абразива мельчайшие частицы обрабатываемого материала стали отскакивать от его поверхности. Ультразвуковой излучатель постепенно углублялся в материал, образуя отверстие, соответствующее форме инструмента (рис. 1), а вся деталь не разрушалась. На ней не появилось ни одной трещины.

Твердые хрупкие материалы обрабатывают теперь на ультразвуковых станках. Одним из наиболее мощных и в то же время простых по устройству и удобных в эксплуатации является прошивочный станок модели

4773А, разработанный экспериментальным научно-исследовательским институтом металлорежущих станков (ЭНИМС) и изготовленный Троицким станкостроительным заводом. Этот станок предназначен для ультразвуковой обработки твердосплавных матриц, штампов и фильер, стеклянных, керамических и других изделий. На нем можно сделать отверстия, полости и щели различной конфигурации с большой точностью.

Центральной научно-исследовательской лабораторией каменной самоцветов Ленинградского совнархоза разработана серия специализированных ультразвуковых станков для размерной обработки цветного природного и синтетического камня твердых пород. Последняя модель — УЗСК-80 (рис. 2) — предназначена для получения выпукло-вогнутых рельефов на поверхности камня и для прошивания отверстий и высверливания заготовок различного профиля из твердых пород цветного поделочного камня. Преимущества ультразвуковой обработки цветных камней перед механической обработкой бесспорны. Если раньше, чтобы изготовить художественный барельеф из камня, высококвалифицированные специалисты работали иногда несколько месяцев, то на станке УЗСК-80 эту работу можно сделать за несколько минут.

Сложнее всего сделать отверстия в алмазе. А алмазы с отверстиями крайне необходимы в производстве кабеля. Что-

бы провода имели точные размеры по диаметру, их протягивают через алмазные волокна. Механическая обработка алмазов очень трудоемка и занимает много времени. На ультразвуковом станке алмазные волокна изготавливаются в десять раз быстрее.

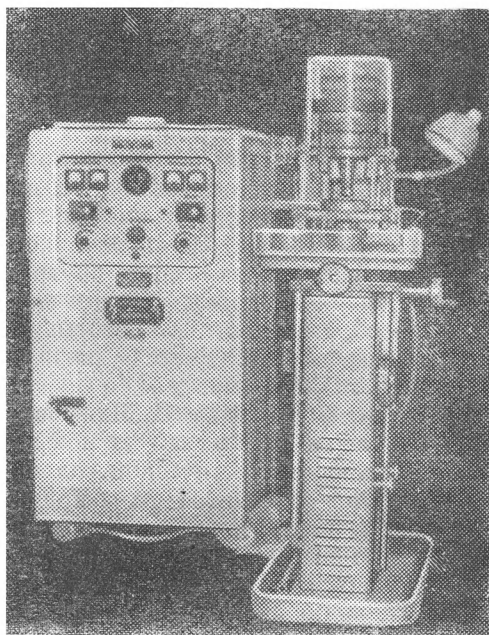


Рис. 2. Ультразвуковой станок УЗСК-80.

Ультразвуковой станок МЭ-22 особого конструкторского бюро Мосгорсовнархоза обрабатывает алмазы, керамику и твердые сплавы. Основное же его назначение — обработка алмазных волокон. Она производится стальной иглой, колеблющейся с ультразвуковой частотой в вертикальной плоскости. Алмаз укрепляют в ванночке, в которой находится водная суспензия алмазной пудры. Станок имеет устройство для заточки инструмента и микроскоп для проверки точности заточки инструмента и величины амплитуды колебаний. Он обрабатывает отверстия с погрешностью в пределах 0,005—0,01 мм. Диаметры обрабатываемых отверстий 0,3—1,2 мм. В 1963 г. несколько таких станков проходили испытания и показали очень хорошие результаты. После доработки и усовершенствования станок получил название МЭ-32. В нем выключение подачи инструмента после выполнения заданного хода, а также снижение усилия подачи на выходе при обработке

сквозного отверстия происходит автоматически. Диаметры обрабатываемых отверстий — 0,5—15 мм. Максимальная производительность обработки стекла, например, 1000 мм³/мин.

В январе 1964 г. академик В. А. Котельников на собрании отделения общей и прикладной физики Академии наук СССР сообщил, что ультразвуковые станки, созданные советскими учеными, на испытаниях показали выдающиеся результаты. Производительность наших станков в три раза выше, чем лучшего станка фирмы Лефельд (ФРГ) и в 8—10 раз выше, чем производительность всех станков той же мощности, выпускаемых в США и Англии.

В последнее время ультразвук начали применять и при нарезании резьбы. Ультразвуковые колебания, наложенные на метчик вдоль его оси, обеспечивают значительное снижение крутящего момента. Специальные ультразвуковые резьбонарезные станки применяют для нарезания внутренних резьб на деталях из труднообрабатываемых вязких материалов. Эта операция требует особой точности и чистоты обработки и на обычных станках не всегда получается из-за недостаточной механической прочности инструмента.

В начале 1964 г. изобретателям Д. Яхимовичу и А. Тикунову выдано авторское свидетельство на новый ультразвуковой станок. Направляющие акустической головки у него расположены наклонно или горизонтально, а повышенная чувствительность механизма подачи головки позволяет обрабатывать заготовки инструментами с малым сечением и благодаря этому повысить точность и чистоту обработки.

А как сделать гравировку на стекле или керамике? Механическим способом это неудобно, утомительно и долго. Ультразвук же выполняет ее быстро и хорошо. Для гравировки стеклянной мерной посуды (колб, мензурок, пробирок и др.) успешно применяют переносную ультразвуковую установку УМ1-01.

УЛЬТРАЗВУК ОЧИЩАЕТ

Много лет назад, когда появились пароходы, судостроители стали замечать, что на гребном винте в процессе эксплуатации возникают раковины, которые со временем увеличиваются, и винт выходит из строя. Изучение процессов, происходящих в воде при вращении гребного винта, показало, что причиной его разрушения является кавитация, т. е. нарушение сплошности жидкости, возникающее при давлении ниже некоторого критического значения. Имеющиеся в жидкости пузырьки газа и воздуха увеличиваются и превращаются в кавитационные пузырьки. Попадая в область с давлением выше

критического, пузырьки захлопываются, и возникают большие местные мгновенные давления, достигающие сотен атмосфер.

Кавитация происходит не только при вращении гребных винтов. Она происходит и в том случае, если в воду поместить мощный ультразвуковой излучатель и включить его. Долгое время кавитацию считали только вредным явлением, но недавно в ней были обнаружены и полезные свойства. Если загрязненную деталь, помещенную в жидкость, облучать ультразвуком, то верхний слой ее будет разрушаться ударной волной кавитационных пузырьков. Кроме того, в жидкости есть пузырьки, которые появились не от кавитации. Под действием ультразвуковых колебаний они проникают в поры, щели и зазоры в слое грязи и, интенсивно колеблясь, разрушают его.

Преимущество ультразвуковой очистки перед механической очевидно, особенно если дело касается деталей, имеющих сложную форму, труднодоступные места, узкие щели, маленькие отверстия и полости. Такие детали механическим путем трудно очистить даже специальными растворами, а ультразвук легко это делает, независимо от степени загрязнения, формы и размеров детали. Ультразвуковая очистка дает хорошее качество и высокопроизводительна при малой затрате труда. Теперь ультразвуковые устройства незаменимы при очистке медицинского инструмента, деталей часов, оптики, стеклянной тары и в других операциях. Установки УМ1-06, УМ2-2 применяются для мойки и очистки медицинских инструментов. Агрегат УЗА-10М применяется для ультразвуковой очистки мелких деталей из стали, цветных металлов и сплавов и неметаллических материалов. В агрегате предусмотрено споласкивание деталей под душем, промывка в парах растворителя и радиационная сушка. Агрегат УЗА-10М работает в полуавтоматическом цикле и может быть встроен в автоматическую линию. Для очистки крупногабаритных деталей, имеющих форму тел вращения, применяется ультразвуковой агрегат УЗА-16, а для очистки деталей с глубокими отверстиями от жировых и механических загрязнений — устройство УОГ-1. Деталь закрепляется на поворотном столе, в очищаемую полость вводится трубка. По ней подается моющий раствор, заполняющий пространство между стенками очищаемой полости и наружной поверхностью трубки. При работе магнитострикционного преобразователя по трубке распространяются изгибные колебания и происходит одновременная очистка всей поверхности полости.

В 1963 г. ЦКБ ультразвуковых и высокочастотных установок в Ленинграде разработало и изготовило ультразвуковые установки для очистки с генераторами на полупроводниковых триодах. Ультразвуковые установки УМ2-0,25 и УЗУ1-0,6-0 предназначены для очистки оптики, деталей точного машиностроения, радио- и электропромышленности и т. д. Генератор

УМ2-0,25 имеет два выхода и может работать на магнетострикционный и пьезокерамический преобразователь. Ультразвуковая установка УМ3-0,1—комбинированная. В ее комплект входят генератор мощностью 100 вт, ванна для очистки, ультразвуковой карандаш для гравировки и эмульгатор. С ее помощью можно выполнять очистку, гравировку и эмульгирование, необходимо только к выходу генератора подключить либо ванну, либо ультразвуковой карандаш, либо эмульгатор.

Особенно тщательной очистки требуют детали, обработанные с микронной точностью. Так, например, на Челябинском тракторном заводе применили ультразвук для очистки деталей топливного насоса. Ультразвуковая установка показала хорошие результаты: она позволила заменить трудоемкую ручную промывку, повысить качество очистки и улучшить условия труда. Внедрение в производство только одной такой установки дало 1500 рублей экономии.

Для очистки большого количества деталей различных размеров и конфигураций применяются полуавтоматические линии с программным управлением. На одной из таких ультразвуковых установок в настоящее время обрабатывается около 2000 деталей различной конфигурации. Производительность установки 300 кг/час. Внедрение полуавтоматической линии ультразвуковой очистки деталей от окалины сэкономило в год 250 тыс. рублей. Ленинградцы создали новый полуавтомат для очистки деталей УЗУЗ-1,6-0. Он имеет ультразвуковой генератор и программное устройство режима очистки. Одна подвеска с деталями очищается за 30—90 секунд. За смену можно обработать от 200 до 750 кг деталей.

На Минском тракторном заводе работает ультразвуковая установка для очистки трубопроводов гидравлической системы трактора «Беларусь». Установка состоит из двух линий и включает в себя четыре ультразвуковых генератора УЗГ-10М, две ванны УЗВ-17, две ванны УЗВ-18, четыре промывочных ванны и две ванны пассивирования. Пропускная способность установки до 7000 трубок в сутки. Применение ультразвуковой очистки трубопроводов повысило производительность труда, культуру производства, качество выпускаемой продукции и долговечность узлов трактора «Беларусь».

Конструкторы Латвийского совнархоза разработали полуавтоматическую ультразвуковую установку для очистки ювелирных изделий после их полировки. Она состоит из шестипозиционного узла очистки карусельного типа, узла приготовления и регенерации моющего раствора и пульта управления. Установка дает высокое качество очистки, исключает ручной труд, снижает потери драгоценных металлов, улучшает условия труда. К этому можно еще добавить большую экономию средств и возможность перейти к полной автоматизации очистки.

В Латвии же ультразвук применили для очистки спиралей электроламп. В созданном для этой цели агрегате объединены в одном корпусе механизм вращения катушек с проволокой и собственно ванна очистки. С его применением улучшилось качество электроламп примерно на 5—10%, удлинился срок их эксплуатации, исчезла необходимость работать с едкими химическими веществами.

Множество полезных дел выполняет ультразвук в народном хозяйстве. На московском заводе «Микропровод» он в сотни раз ускоряет процесс очистки провода перед тем, как на него накладывают лак. Восемь тысяч рублей экономии дает этот способ. Ультразвук начали применять и при очистке сварных швов и деталей от окалины. Для этой цели есть специальное устройство ПУОШ-1 и ванны УЗВТ-1, УЗВТ-2.

Сравнительно недавно ультразвук с успехом применили для очистки стеклянных изделий. Даже очень грязные бутылки и банки через несколько минут становятся чистыми. Особенно тщательной очистки требуют оптические детали. После шлифовки на поверхности линз остаются паста, лак и другие вещества. Если такие линзы поместить в ванну с ацетоном и облучить ультразвуком, то через несколько минут они станут чистыми и на них тогда можно наносить просветляющий слой.

В паровых котлах постоянно образуется накипь, которая ухудшает их теплопроводность и резко снижает эффективность работы. Очистка котлов от накипи раньше считалась трудной операцией. Ультразвук же выполняет ее сравнительно легко. Но еще выгоднее использовать его для предупреждения появления накипи. Ультразвуковой излучатель, вмонтированный в корпус парового котла, непрерывно или через некоторые промежутки времени излучает ультразвуковые колебания. Такое озвучивание паровых котлов замедляет процесс образования накипи в десятки раз. На многих заводах страны уже работают импульсные ультразвуковые генераторы УИГ-61М и ИГ-58М. Они предотвращают образование накипи на внутренних поверхностях паровых котлов и теплообменных аппаратов давлением до 13 атм.

Этот же способ очистки от накипи начинают применять и на сахарных заводах. Ультразвуковой аппарат типа АУР используют для предотвращения образования накипи на теплообменных поверхностях решоферов.

Ультразвуком облучают днища кораблей и судов, чтобы предохранить их от обрастания водорослями. Применяют его и для очистки воздуха от пыли, дыма, копоти, окислов металлов. При работе ультразвуковой установки мелкие частицы различных веществ укрупняются (коагулируются), а затем осаждаются. Процесс коагуляции происходит и на звуковых частотах. Звуковую и ультразвуковую очистку воздуха от

загрязнений внедряют сейчас во многие отрасли промышленности. В шахтах можно почти полностью очистить воздух от угольной пыли. Ультразвуковая установка УПЗ-1М улавливает пыль, образующуюся при сухом бурении. Мелкие частицы с потоком воздуха попадают в коагуляционную камеру и там под действием акустических колебаний укрупняются и оседают в бункере.

В Ленинградском институте авиационного приборостроения создана установка для осаждения аэрозолей в акустическом поле низкой частоты. Под действием звука частицы в камере укрупняются и осыпаются в приемный бункер. Звуковой заслон удерживает 99,5% вещества. Установка способна отфильтровать за час 10 000 м³ воздуха. Первые такие установки испытаны на химических заводах Ленинграда, Ростова, Подольска.

Под действием ультразвука ускоряется стирка тканей. Они становятся более чистыми и меньше изнашиваются, чем после механической стирки. На Лысьвенском металлургическом заводе ультразвук применили для очистки жести перед лужением, в результате чего луженой жести первого сорта стали производить на 12—15% больше. Ультразвуковые устройства в коксохимическом и других цехах Криворожского металлургического завода им. Ленина значительно снизили трудоемкость работ и дали предприятию большую экономию.

СВАРКА, ПАЙКА, ЛУЖЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОМ

Существует несколько методов сварки, но ни один из них не подходит в том случае, когда нужно сварить разнородные металлы или к толстым деталям приварить тонкие пластины: пока толстая деталь разогревается, тонкая уже прогорает. Тут незаменимой оказалась ультразвуковая холодная сварка. Холодной ее называют потому, что детали соединяются друг с другом в твердом состоянии.

С помощью ультразвука получены соединения и сплавы меди, титана, молибдена, тантала, стали, алюминия и других металлов. Лучшие результаты получены при сварке алюминия и его сплавов. Кроме того, ультразвук применяют при сварке плавлением для повышения сопротивляемости и коррозионной стойкости металла шва горячим трещинам. Физические процессы, возникающие при ультразвуковой сварке, еще не совсем изучены, но предполагают, что она напоминает процесс втирания, или сварку трением.

Ультразвуковая сварка может выполняться точечным или шовным (непрерывным) методом. Многие отечественные ультразвуковые сварочные аппараты уже применяются в производственных процессах. Для точечной сварки тонколи-

товых малогабаритных деталей с деталями большой толщины предназначена ультразвуковая сварочная машина УЗСМ-1. Ультразвуковые сварочные машины УЗСМ-2 и УЗСМ-2А выполняют шовную сварку тонколистовых элементов, приваривая их к деталям большой толщины. Переносным ультразвуковым аппаратом УЗСА-3 и сварочным пистолетом УЗСП-6 производят одностороннюю приварку тонколистовых деталей к более толстым конструкциям с большими плоскостями или фасонными поверхностями в монтажных условиях. Агрегат УЗСА-5 предназначен для точечной сварки тонколистового металла внахлестку.

Научно-исследовательским институтом электросварочного оборудования разработана ультразвуковая сварочная машина МТУ-15 для точечной сварки разноименных материалов различной толщины. Сотрудники этого же института Ю. Холопов и А. Смирнов сконструировали инструмент для шовной ультразвуковой сварки. Он представляет собой пустотелую резонирующую трубку, работающую в режиме изгибных колебаний, которая и производит непосредственную ультразвуковую сварку по контуру. Свариваемые детали помещают между резонирующей трубкой и отражателем ультразвуковых колебаний; сварной шов получается одновременно, без передвижения инструмента, что значительно упрощает технологию процесса и повышает производительность сварки.

Ультразвуковые сварочные машины очень экономичны. Для соединения, например, алюминиевых листов толщиной до 1,5 мм требуется мощность всего 5 кВт, в то время как при контактной электросварке потребовалась бы мощность в 50—60 раз больше.

Недавно ультразвук начали применять для сварки пластмасс и керамики. Ультразвуком сваривают пластмассовые упаковки различных форм и объема, применяющиеся в пищевой промышленности. Интересные ультразвуковые сварочные машины для точечной и прессовой сварки пластмасс созданы конструкторами Московского высшего технического училища им. Баумана совместно с энергетическим институтом и институтом авиационной технологии.

Одна из таких машин — ПУТ-5А — сваривает от 15 до 100 точек в минуту. Другая машина — УПТ-14 — выполняет ультразвуковую герметическую сварку пластмасс и полипропилена толщиной до 2 мм. На сварку не влияет присутствие на поверхности жира, воды и других пищевых продуктов, швы получаются чистыми и прочными. Эта машина может работать как автомат. Для сварки специальных изделий из поливинилхлорида (рецепт 605) создан аппарат УЗАП-3. Он работает в полуавтоматическом режиме и может сваривать изделия из большинства термопластических масс (полиамидной и формальдегидной смол, полистирола, оргстекла и др.).

А ультразвуковой аппарат УЗАП-4 соединяет диски пластмассовых рабочих колес насосов, работающих в агрессивных средах. Его применение исключает вредные для здоровья рабочих и трудоемкие операции склеивания дисков колес из полиамидных смол 68; сварка длится всего 2 секунды.

Сваркой не ограничивается применение ультразвука в процессах соединения металлов. Некоторые металлы и сплавы, например алюминий, нержавеющая сталь, очень трудно паять обычным способом. Алюминий мгновенно окисляется, и на его поверхности образуется тонкая, но прочная пленка окиси, которая не дает возможности смачивать металл жидким припоем. Чтобы спаять алюминий, нужно удалить пленку окиси и одновременно произвести пайку. Снять пленку можно механически или с помощью специальных флюсов, но это кропотливая и трудоемкая операция. Кроме того, флюсы отрицательно влияют на спай: порождают коррозию и приводят к пробоям токоведущих частей. Ультразвуковой паяльник легко и быстро удаляет окись с поверхности алюминия и одновременно паяет. Поверхность металла очищается от окисной пленки под действием кавитации, возникающей в расплавленном припое. Ультразвуковые колебания вводятся в жидкий припой специальным излучателем или наконечником ультразвукового паяльника, к которому одновременно подводится тепло для плавления припоя. В ультразвуковых паяльниках применяются магнитострикционные излучатели, вибрирующие при высоких температурах. Вибратор из пермендюра устойчиво работает в расплавленном припое при температуре до 400°C.

Не только пайку, но и лужение производят с помощью ультразвука. Для пайки и лужения мягкими припоями без применения флюсов алюминия, нержавеющей стали, манганина, кобальта и других металлов и сплавов, которые трудно спаять обычным способом, а также для металлизации керамики используют установку УЗУП-2, имеющую большую акустическую мощность. Для этой же цели применяется универсальный ультразвуковой паяльник УУП-4, очень надежный в работе и производящий лужение ферритов, рубинов, кварца.

Лужение с участием ультразвука происходит так же, как и пайка, с той только разницей, что детали помещают в ванну с расплавленным припоем. Под действием ультразвуковых колебаний с них снимается слой окисла, и очищенная поверхность алюминия облуживается. Ультразвуковые установки для лужения на 20—30% облегчают эту операцию и позволяют заменить медные обмоточные провода алюминиевыми.

УЛЬТРАЗВУК—УСКОРИТЕЛЬ

Ультразвуковые колебания существенно изменяют ход некоторых химических реакций. В воде, например, под их дей-

ствием ускоряются окислительные процессы, а раствор нитроцеллюлозы деполимеризуется, в результате чего раствор разжижается. Но ультразвук вызывает не только деполимеризацию, а и полимеризацию. Эти его свойства используются для управления реакцией полимеризации. Меняя частоту и интенсивность ультразвуковых колебаний, можно то ускорять, то замедлять реакцию в зависимости от требований технологии.

В 1963—1964 гг. на ВДНХ демонстрировался ультразвуковой проходной аппарат УПХА для интенсификации химических процессов, разработанный в НИИХИММАШ. Он применяется в химической, нефтеперерабатывающей, легкой, фармацевтической, пищевой и других отраслях промышленности для интенсификации химических процессов (полимеризации, окисления, восстановления, поликонденсации и т. п.), а также для сверхтонкого измельчения суспензий, красителей, пигментов и других материалов. Аппарат ускоряет процессы на 40—80%, улучшает качество продукта, а твердые частицы измельчает до размера 1 мк. Работает он так: обрабатываемая жидкость с помощью насоса подается в магнитострикционную колонну и подвергается воздействию ультразвука, а затем используется в технологическом процессе. Если жидкость обработана недостаточно, ее снова направляют в колонну и подвергают дополнительному воздействию ультразвука. Аппарат принят к серийному производству Таллинским машиностроительным заводом.

Ультразвук применяется для ускорения и других процессов. В металлургии, например, он сокращает продолжительность термической обработки деталей. Под действием ультразвука гораздо быстрее происходит никелирование, хромирование, меднение, кадмирование, серебрение и другие процессы. Это объясняется тем, что в ультразвуковом поле можно намного повысить плотность тока, сохраняя высокое качество осадка, и увеличить в несколько раз скорость осаждения.

Хорошие результаты дает использование ультразвука в легком крекинге. Озвучивание тяжелых нефтяных остатков ультразвуком при температуре 450° и давлении 60 кг/см² увеличивает выход газа в 2,5 раза, бензина — в 2 раза. С помощью ультразвука ускоряют процесс травления, сокращают расход кислоты и улучшают поверхность обрабатываемых деталей. Ультразвучиванием красителей добиваются быстрого и прочного крашения. Ультразвук успешно применяют для дубления кожи. При озвучивании эмульсии воды с веретенным маслом в течение 20 минут получается однородная молочно-белая смесь. Такая эмульсия вдвое увеличивает мощность дубильного цеха и улучшает качество кожи.

Ультразвук начали широко применять и в пищевой промышленности. На поверхности оставленного на ночь молока угром появляется жировая пленка, а молоко обезжиривается.

Ученые предложили облучить молоко ультразвуковыми колебаниями. После такой обработки оно становится однородным, срок его хранения увеличивается и жировая пленка на поверхности молока не появляется. Недавно на одном из мясокомбинатов Москвы ультразвук применили даже при изготовлении сосисок. Эмульсия из воды и жира, приготовленная с помощью ультразвука, соединяется с фаршем. Сосиски получаются сочными и гораздо быстрее. Ультразвуком ускоряют процесс экстрагирования рыбьего жира из печени и пивных дрожжей из хмеля.

Хорошие результаты дает внедрение ультразвукового эмульсирования на хлебозаводах. На смазку форм тратится большое количество пищевых жиров. Их вполне заменяет эмульсия с 10% масла. По одному лишь хлебокомбинату применение эмульсии сэкономило десятки тысяч рублей.

Совсем недавно ультразвук начали применять и в сельском хозяйстве. Ученые провели интересные опыты по использованию ультразвука в овощеводстве. Замоченные для сева семена дынь в течение трех минут обрабатывали ультразвуком. В результате дыни созрели на 8 дней раньше и их урожай был на 25% выше, чем без обработки. После ультразвуковой обработки на 20% повысилась урожайность помидор; содержание витамина С в плодах увеличилось в полтора раза, а сахаристость плодов возросла на 2%. Такие же опыты проведены и с другими культурами.

Большие перспективы сулит применение ультразвука хлопкоробам. Семена хлопка под действием ультразвука за 4—5 минут хорошо оголяются, и в них вводят микроэлементы. Благодаря этому полностью уничтожаются возбудители болезней, активизируются ферменты, заметно повышаются энергия прорастания и хладостойкость семян. Урожай хлопка на опытном участке созрел на месяц раньше и оказался в полтора раза выше, чем обычно.

Ученые предлагают применить ультразвук и для борьбы с насекомыми — сельскохозяйственными вредителями. Ультразвуковые колебания частотой 50 *кГц* напоминают звуки, издаваемые летучими мышами — врагами гусениц. Услышав эти звуки, гусеницы покидают поле. Ультразвук может помочь и в борьбе с личинками комаров. Колебания с частотой 200 *кГц* разрушают дыхательные органы личинок, и они погибают.

Ультразвук проникает и в винодельческую промышленность. Процесс приготовления вина длится обычно около двух месяцев. Из вина необходимо удалить винный камень, красящие и азотистые белковые вещества. Особенно продолжителен процесс выделения винного камня, т. е. его кристаллизация. Совсем недавно сотрудники Одесского политехнического института и Одесского винзавода сначала в лабораториях, а потом в промышленных условиях в 80 раз сократили процесс

выпадения винного камня и в 200 — освещение. Затем эти два процесса совместили. По мнению дегустаторов, портвейн, мадера, шато-икем, вермут, рислинг и другие вина по аромату, вкусу и химическому составу не уступают винам, приготовленным прежним способом.

Ультразвуковая установка для коагуляции и кристаллизации винного камня (рис. 3) состоит из трех емкостей (по 40 л каждая), сборного бака, насоса для подачи вина, теплообмен-

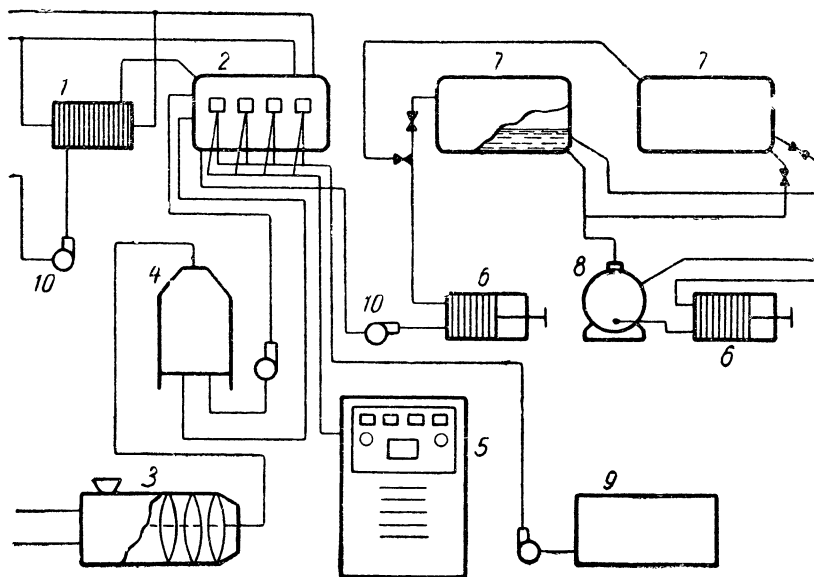


Рис. 3. Схема ультразвуковой установки для ускоренной обработки вина:

1 — теплообменник; 2 — ультразвуковой кристаллизатор; 3 — бензотонимешалка; 4 — емкость-смеситель; 5 — генератор; 6 — фильтр-пресс; 7 — емкость для отстоя; 8 — емкость Монжю; 9 — бак системы охлаждения генератора и излучателей; 10 — насосы.

ника, ультразвукового генератора УЗГИ-0,5 и шести магнитострикционных преобразователей. Обработка ультразвуком виноматериалов на этой установке в цистерне емкостью 1500 декалитров длится до двух часов. В 1963 г. ультразвук применили уже на пяти винных заводах Черноморского побережья.

Советские виноделы используют ультразвук и в производстве шампанского. После подготовительных операций шампанское долго выдерживают в бутылках, пока оно не приобретает нужных качеств. Шампанское, подвергнутое ультразвуковой

обработке, не нуждается в длительном созревании. Скоро ультразвуковые установки появятся на винодельческих заводах.

Не только вино, но и виноградный сок становится золотистым и прозрачным после длительной обработки. На консервных заводах Молдавии и Средней Азии применили ультразвук для осветления виноградного сока, и его приготовление длится теперь не пять месяцев, а всего трое суток.

Духи, как и вино, также «созревают» месяцы, а иногда и годы. Недавно работники Харьковской парфюмерно-косметической фабрики совместно с работниками Украинского научно-исследовательского института пищевой промышленности решили использовать ультразвук для ускорения изготовления духов. На фабрике пущена первая в мире парфюмерная ультразвуковая установка, сократившая процесс созревания духов с года до 6—8 часов.

Коллектив Центрального проектно-конструкторского бюро автоматизации и механизации парфюмерной промышленности создал специальный ультразвуковой агрегат для завода «Дзинтарс». Он позволит автоматизировать сложный технологический процесс изготовления эмульсий для производства парфюмерных кремов, значительно повысит тем самым производительность труда, снизит себестоимость продукции и даст до шести тысяч рублей экономии в год.

Примеров ускорения процессов с помощью ультразвука можно привести множество. А в отдельных случаях ультразвук просто незаменим, в частности для получения смесей из трудносмешивающихся жидкостей: воды с эфирными маслами, ртутью и других. Если воду и ртуть налить в один сосуд, то между ними будет резкая граница раздела. Никакими механическими способами нельзя смешать воду и ртуть. Но стоит на поверхность раздела этих жидкостей воздействовать интенсивными ультразвуковыми колебаниями, как очень маленькие капельки одной жидкости начнут соединяться с другой жидкостью и получится устойчивая эмульсия. Здесь ультразвук дробит ртуть, разбивает ее на мельчайшие взвешенные частицы, которые и перемешиваются с водой. Вода и масло с помощью ультразвука смешиваются благодаря кавитации.

Некоторые эмульсии готовятся из взрывоопасных веществ. Конструкторы отдела ультразвуковой техники и технологии «Средазэнергопромавтоматики» создали ультразвуковой эмульгатор ЭУ-1, который в определенных случаях позволяет заменить взрывоопасные вещества простой водой. Такой эмульгатор уже работает на Чирчикском электрохимкомбинате.

Очень трудно, а порой невозможно измельчить и смешать с жидкостью различные порошки. Например, приготовление суспензии окиси магния в четыреххлористом углеороде, кото-

рая необходима для покрытия жаростойкой изоляцией ленточных сердечников трансформаторов, длится 25 часов. Применение ультразвука сокращает процесс получения суспензии до 40 минут.

Для эмульгирования некоторых жидкостей успешно применяют ультразвуковые свистки, или специальные устройства, называемые диспергаторами. В НИИХИММАШ разработан комбинированный диспергатор УДГ-К и стационарный УДГ-С, предназначенные для получения тонкодисперсных стойких эмульсий. Необходимо составлять смеси и в металлургической промышленности. Некоторые металлы в жидком состоянии не смешиваются, например свинец и алюминий. Введенные же в расплав ультразвуковые колебания создают условия для растворения одного металла в другом.

А теперь об обратном процессе, т. е. разделении смесей на составляющие компоненты. И здесь также применяют ультразвук. При распространении ультразвуковых волн в среде создаются перепады давлений, под действием которых молекулы перемещаются в направлении распространения волны. Более тяжелые компоненты отстают от легких, и вдали от излучателя группируются легкие компоненты, а вблизи излучателя — тяжелые. Ультразвуковой метод разделения смесей пока широко не применяют, так как не удается полностью разделить смеси.

Лучшие результаты достигнуты в отделении жидкости от газа, т. е. в удалении из жидких веществ пузырьков газов. Это особенно важно в металлургии, где пузырьки в расплавленном металле приводят к образованию раковин в деталях. Пузырьки воздуха очень вредят стекольному производству. Под действием ультразвукового облучения находящиеся в расплавленном металле или стекле мелкие пузырьки соединяются между собой, укрупняются. Достигнув определенной величины, они всплывают на поверхность. Этот метод называют дегазацией жидкости.

Ультразвуковая обработка расплавленного металла не только улучшает структуру, но и повышает прочность расплава, а также позволяет вести точное литье в гипсовые формы. Введение ультразвуковых колебаний в кристаллизующийся чугун способствует дроблению графитовой составляющей и перемешиванию расплава. Это дает тонкую структуру, прочное литье.

Аналогичные сплавы также подвергают дегазации. Для этой цели применяются, например, ультразвуковые дегазаторы УЗД-100, УЗД-200, УЗД-300.

Ультразвук завоевывает все новые и новые отрасли промышленности.

Сотрудники нормативно-исследовательской станции «Центрострой» предложили применять ультразвуковые эмуль-

гаторы на отделке домов; они позволят вдвое уменьшить расход олифы.

На Украине разработан оригинальный экономичный метод разжижения лака с помощью ультразвука: больше чем наполовину снижается расход растворителя, и лак высыхает гораздо быстрее. Первую ультразвуковую установку по разжижению лакокрасочных материалов применили на Житомирском мебельном комбинате. Используют ультразвук и для склеивания изделий из древесины. Эта операция выполняется всего лишь за полминуты, а то и за несколько секунд в зависимости от вида изделия.

Интенсификация производственных процессов с помощью ультразвука нашла применение и в кабельной промышленности. Бобины джута помещают в коробки с пропиточным составом и подвергают воздействию ультразвуковых колебаний с помощью ультразвукового генератора. Жидкость как бы «вонзается» в волокна, и джут моментально пропитывается составом.

Для химической, нефтеперерабатывающей, пищевой, фармацевтической, легкой промышленности создана передвижная сушильная установка с ультразвуковыми сиренами ПУАС.

Новый способ, повышающий эффективность окисленных углей, разработан в Институте химической кинетики и горения. Если вести воспламенение и горение таких углей в ультразвуковом поле, эффективность сгорания возрастает в десятки раз. На мощных ТЭС этот метод может дать до 10 млн. рублей экономии в год.

ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗ

В науке и промышленности начинает широко применяться ультразвуковой метод исследования физико-химических процессов жидких сред. Он точен, быстр, не нарушает структуры исследуемого вещества, не требует специальных проб и временного прекращения производственных процессов. Исследования можно проводить в реакторе, тигле, при любых температурах и давлениях.

Ультразвуковой анализ основан на непрерывном определении скорости распространения ультразвука в исследуемой среде. Скорость распространения ультразвука в различных веществах измеряют импульсным прибором, который работает таким образом: в исследуемую жидкость посылаются короткие ультразвуковые импульсы, и измеряется время их пробега вдоль отрезка определенной длины. По скорости распространения ультразвука и определяют концентрацию исследуемых жидких и газообразных сред. С помощью ультразвукового импульсного прибора можно, например, непрерывно следить за

процессом экстрагирования пивных дрожжей из хмеля. По показаниям прибора исследователь узнает, когда раствор становится насыщенным, т. е. заканчивается экстрагирование. Обычный же метод контроля потребовал бы нескольких проб, их анализа, на что уходит много времени. Методом ультразвукового анализа можно обнаружить даже незначительные примеси в той или иной среде. Он позволяет с большой точностью определять загрязненность авиационного и ракетного топлива, содержание углекислого газа в воздухе или метана в шахтах и т. д.

На многих предприятиях успешно применяют ультразвуковые экспресс-анализаторы, разработанные в Ленинграде ЦКБ по ультразвуковым и высокочастотным приборам. Один из них — ультразвуковой экспресс-анализатор ЭАС-5 — производит непрерывное автоматическое измерение концентрации различного рода электролитов и органических соединений, а также абсолютную скорость ультразвука в жидкости. В основе прибора лежит принцип измерения частоты синхронизированного кольца, в котором частота циркуляции импульсов прямо пропорциональна абсолютной скорости ультразвука в исследуемой жидкости. Синхронизированное кольцо представляет собой замкнутую систему, состоящую из генератора, излучателя, приемника и усилителя. Импульсы генератора, подаваемые на излучатель, создают в исследуемой среде ультразвуковые колебания, которые воспринимаются приемником. После преобразования и усиления импульсы вновь подаются на генератор, синхронизируя его. Частота, на которой работает кольцо, определяется расстоянием между излучателем и приемником (базой), а также скоростью ультразвука в данной среде. Но так как база известна, то единственным фактором, определяющим частоту синхронизации, является скорость звука. Прибор очень прост и удобен. Он не имеет никаких органов управления. Для измерения необходимо погрузить датчик в исследуемую жидкость и снять отсчет.

Физико-химические параметры жидких сред определяют по скорости распространения ультразвуковых колебаний специальные приборы УФИ-1М, УЗИС-7 (УЗАС-7), ОСП-В.

В Ленинграде разработаны и изготовлены новые ультразвуковые приборы, в частности экспресс-анализатор УЗА-ЗС (рис. 4), являющийся модификацией прибора ЭАС-5. Он, помимо визуального контроля акустического и электрического тракта, дает результаты измерений в цифровом выражении, напечатанные с помощью печатающей приставки на бумажной ленте. Высокая (до 5-го знака) точность и возможность полной автоматизации при использовании этого прибора максимально удовлетворяют потребности исследователей и промышленности.

Для измерения концентрации различных бинарных смесей

и электролитов в лаборатории и в промышленности существует полуавтоматический ультразвуковой прибор ИК-2. Непрерывное измерение с высокой точностью, удобная горизонтальная трехдиапазонная шкала, компактность и транспортабельность, возможность работы во взрывоопасных помещениях — вот достоинства этого прибора.

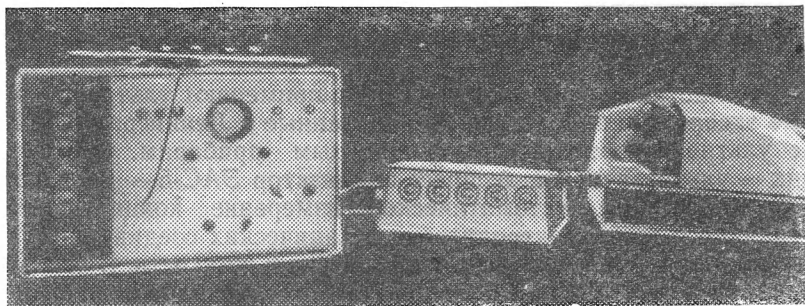


Рис. 4. Ультразвуковой экспресс-анализатор УЗА-3С.

Ультразвуковой промышленный прибор УЗК-1-СК предназначен для автоматического контроля и регулирования в промышленных условиях таких параметров жидких сред, как концентрация, степень полимеризации, удельный вес и другие. Комплект из 5 датчиков и блок термокомпенсации обеспечивают круглосуточный автоматический контроль в химических аппаратах и переточных трубах.

Специалисты считают, что ультразвуковые экспресс-анализаторы можно применить при эксплуатации нефтепроводов. Например, если такой ультразвуковой прибор установить на одном или нескольких приемных пунктах, то можно контролировать процесс приемки и распределения нефтематериалов в зависимости от их химического состава и управлять этим процессом, т. е. зафиксировать момент поступления материалов и направить их в соответствующие хранилища. Более того, с помощью ультразвукового экспресс-анализатора можно установить прохождение по нефтепроводу нечистого, т. е. промежуточного смешанного продукта. Это дает возможность диспетчеру приемного пункта направить смешанный продукт в специальное хранилище, а чистый продукт — по назначению.

В Институте металлофизики Академии наук СССР разработана и создана экспериментальная установка для определения скорости ультразвука в жидких металлах и сплавах. Она основана на измерении времени прохождения короткого ультразвукового импульса через жидкий металл и позволяет свободно варьировать толщину слоя исследуемого сплава, что

очень удобно при исследовании металлов с различной поглощающей способностью.

Ультразвуковой анализ сулит большие перспективы, так как этот метод в десятки раз сокращает время анализа по сравнению с обычным способом, повышает его точность, а самое главное, позволяет автоматизировать управление химическими процессами.

НАДЕЖНЫЙ КОНТРОЛЬ

Способность ультразвуковых волн отражаться от препятствий используют для определения дефектов в металлических слитках и деталях. Ультразвуковая дефектоскопия является наиболее эффективным, а в некоторых случаях и единственным методом неразрушающего контроля металлов. Раньше для этой цели применяли рентгеновские приборы. Но с помощью рентгеновских лучей можно исследовать только поверхностный слой или небольшие детали. Ультразвук же проникает в металл на глубину 8—10 м. Кроме того, он обнаруживает и очень маленькие дефекты (до 10^{-6} мм).

Ультразвуковые дефектоскопы выявляют не только уже образовавшийся дефект, но и определяют момент повышенной усталости металла, предупреждая тем самым поломку детали. При этом нет необходимости останавливать агрегаты и разбирать их.

Существует несколько методов ультразвуковой дефектоскопии, основными из которых являются теневой, импульсный, резонансный и метод визуализации.

Теневой метод основан на ослаблении ультразвуковых сигналов при встрече с дефектом, создающим как бы ультразвуковую тень. При этом методе применяются два преобразователя, один из которых излучает ультразвуковые колебания, а другой принимает их. Даже при отсутствии дефекта в проверяемой детали ультразвуковой сигнал, принятый приемником, несколько ослаблен. Если же внутри детали есть дефект, то принятый ультразвуковой сигнал ослаблен уже значительно. Чем больше дефект, тем слабее звук и, наоборот, чем меньше дефект, тем звук ослаблен меньше. Теневой метод мало чувствителен, поэтому дефект можно обнаружить в том случае, если сигнал изменяется на 15—20%. Если же дефект очень мал, то ослабление будет настолько незначительным, что прибор на него не прореагирует. Существенным недостатком теневого метода является и то, что в большинстве случаев им нельзя определить глубину залегания дефекта. Поэтому теневой метод широко применяется при дефектоскопии тонких изделий, например стальных тистов. Для этой цели создана ультразвуковая установка УКЛ-2. Она работает на

ультразвуковым теновым импульсным иммерсионным методе с применением десяти пар передающих и приемных пьезопреобразователей. Контролируемый лист помещается в ванну с водой и поддерживается в вертикальном положении резиновыми роликами, а над ванной — цилиндрическими направляющими. В процессе контроля датчики при помощи ходовых винтов совершают возвратно-поступательное движение вдоль листа по горизонтали, а контролируемый лист перемещается вверх в те моменты, когда датчики находятся по краям. Дефект фиксируется световым и звуковым сигналами и автостопом. Примерные координаты дефекта отсчитывают по шкале.

На Нижне-Тагильском металлургическом комбинате им. В. И. Ленина с 1962 г. успешно действует ультразвуковая установка для промышленного контроля листового проката УЗУЛ-01. Она выявляет внутренние дефекты — расслоения, закаты в горячекатаном листовом прокате шириною до 2800 мм. Установка иммерсионного типа работает по теновому принципу дефектоскопии с импульсным излучением ультразвука. Результаты контроля фиксируются на дефектограмме, на которой автоматически вычерчивается в масштабе 1 : 10 контур листа, а также размеры, форма и местоположение обнаруженных дефектов. В зависимости от требуемого качества металла и от степени окисленности поверхности листов можно в широких пределах регулировать режим чувствительности. Установки типа УЗУЛ рассчитаны на массовый контроль продукции непосредственно в листопрокатных цехах металлургических и крупных машиностроительных предприятий.

Ультразвуковой контроль листового проката своевременно находит брак, невидимый при наружном осмотре и даже при контроле всеми другими методами, а также позволяет рационально раскраивать, обрезать и сортировать прокат в соответствии с ГОСТом и дает возможность корректировать технологические режимы металлургического и прокатного циклов в целях улучшения качества металла.

Импульсный метод ультразвуковой дефектоскопии основан на отражении ультразвуковых волн. Ультразвуковой импульс, посланный излучателем, проходит сквозь изделие и отражается от противоположной его поверхности в виде эхосигнала. Если же на пути ультразвукового импульса встретится дефект (трещина, раковина, расслоение и т. п.), то он отразится и от него. Импульсный метод обладает рядом преимуществ перед теновым. Он позволяет исследовать изделия при одностороннем доступе к ним, т. е. когда невозможно расположить приемник ультразвука с противоположной стороны проверяемого участка. Кроме того, чувствительность импульсного метода значительно выше тенового. Он регистрирует ослабление ультразвуковой энергии даже до 1%. Импульсный метод позволяет не только обнаружить мельчайшие дефекты, но

определить, на какой глубине они находятся, и их размеры. Но импульсный метод нельзя применять для контроля изделий малых размеров, так как у импульсных дефектоскопов есть «мертвая зона», т. е. участок у поверхности детали, в котором дефект не обнаруживается, так как в момент возвращения эхосигнала от дефекта еще продолжается излучение зондирующего импульса.

Стандартные дефектоскопы для контроля стальных, алюминиевых и латунных изделий работают на частотах от 0,8 до 2,5 Мгц. Для работы с материалами, имеющими крупнозернистую структуру, применяются низкочастотные дефектоскопы. Выпускаются и универсальные дефектоскопы с широким диапазоном частот (0,5—5 Мгц), которые позволяют проверять изделия из материалов с различной структурой.

Кишиневский завод «Электроточприбор» начал массовое изготовление нескольких типов импульсных дефектоскопов. В их числе прибор ДУК-5В для выявления и определения координат дефектов в металлических и неметаллических заготовках и деталях несложных форм. Он определяет также качество клеевых соединений различного рода пластмасс на металлической и неметаллической основе и качество сварных и заклепочных соединений. Прибор производит структурный анализ металлов и измеряет толщину изделий.

Прибор ДУК-6В выполняет эти же операции и работает в контактном и иммерсионном вариантах эхометода. Он подает на экран электронно-лучевой трубки индикатора детектированные и недетектированные сигналы. Для работы в иммерсионном варианте в дефектоскопе предусмотрена специальная схема электрической компенсации свободных колебаний пьезоэлемента, позволяющая на рабочих частотах 1,5—2,5 Мгц значительно сократить мертвую зону. Прибор снабжен автоматическим сигнализатором дефектов и записывающим устройством. К прибору придается приставка-толщиномер, позволяющая измерять толщину материалов в пределах 3—60 мм.

Для обнаружения дефектов в материалах с большим коэффициентом затухания предназначен прибор ДУК-8. Он снабжен автоматическим сигнализатором дефектов, записывающим устройством и мозаичными искательными головками, позволяющими выявлять дефекты в клеевых конструкциях.

Прибор ДУК-11ИМ выявляет внутренние дефекты и определяет координаты их залегания в сварных и клепаных соединениях, а также в металлических изделиях несложной формы без дополнительной обработки поверхности ультразвуковыми колебаниями. Как только прибор обнаруживает дефект, на щите загорается сигнальная лампочка, появляются звук в телефонах и импульс на экране электронно-лучевой трубки. Максимальная глубина обнаружения дефектов 750 мм, минимальная — 2 мм.

Качество изделий из стеклопласта контролирует прибор ДУК-12, снабженный искательными головками раздельно-совмещенного типа и выявляющий расслои, трещины, воздушные включения и другие дефекты толщиной от 4 до 25 мм, а также определяющий глубину их залегания. Показания фиксируются на масштабной шкале, нанесенной на экран индикатора. Этот же прибор определяет толщину изделий. Прибор имеет автоматический сигнализатор дефектов и автоматический сигнализатор акустического контакта, к выходам которых подключены сигнальные лампочки.

Ультразвуковой структурный анализатор-дефектоскоп УСАД-61 производит экспресс-измерения величины зерна в сталях непосредственно на изделиях и заготовках, размеров графитных включений в серых чугунах и контролирует появление на металле межкристаллитной коррозии. Прибор можно использовать для выявления трещин и других нарушений сплошности материалов, а также для определения толщины материалов при одностороннем доступе. Прибор разработан конструкторами Всесоюзного научно-исследовательского института химического машиностроения и Научно-исследовательского института испытательных машин, приборов и средств измерения масс.

Для контроля угловых и стыковых швов в труднодоступных местах и на высоких сооружениях предназначен портативный прибор ДУК-13. Он работает от сети переменного тока 127 и 220 в, а также от аккумуляторной батареи напряжением 12 в. Вес прибора 4 кг.

В Волгоградском научно-исследовательском институте технологии машиностроения создан ультразвуковой импульсный толщиномер УИТ-3 для измерения толщины стенок разнообразной аппаратуры химической и нефтеперерабатывающей промышленности в процессе эксплуатации при доступе с одной стороны. Его можно использовать и для выявления зон расслоения в листовом прокате.

Портативный ультразвуковой дефектоскоп УЗД-19, помещающийся на ладони и выполняющий те же функции, что и любой дефектоскоп, сконструирован в Ленинградском электротехническом институте имени Ленина.

Для контроля клееных и паяных соединений применяют полуавтомат ПИ-2. В комплект установки входят: сканирующее устройство с самописцем, электронная приставка самописца ПСК-1В и импедансный акустический дефектоскоп ИАД-2. С помощью прибора можно выявлять зоны нарушения соединений в конструкциях, имеющих сравнительно тонкую или припаянную обшивку. Дефектоскоп контролирует качество соединений обшивки из материала со сравнительно высоким модулем упругости (металл, стеклотекстолит, дельта-древесина, некоторые пластмассы и т. д.) с металлическими

и неметаллическими элементами жесткости. Возможен контроль изделий с плоскими и криволинейными поверхностями, вплоть до радиусов кривизны 5—10 мм. Не требуется погружать контролируемые детали в жидкость или смазывать их поверхность. Результаты контроля записываются на электротермической бумаге ЭТБ-2 в форме диаграммы, которая дает полное представление о количестве, размерах, форме и расположении даже мельчайших дефектов. Применение полуавтомата ПИ-2 исключает субъективные ошибки.

Как обнаружить трещину или другой дефект в железнодорожных рельсах? Раньше это делали единственным способом: постукивали молотком по рельсу и по звуку определяли, есть ли в рельсе дефект. С появлением ультразвуковой дефектоскопии для контроля железнодорожных рельсов начали применять переносные дефектоскопы. Контролер с дефектоскопом за спиной идет вдоль полотна железной дороги и держит на поверхности рельса ультразвуковой излучатель. Теперь дефектоскопы устанавливают на специальные тележки. В 1963 г. сотрудники Ленинградского института инженеров железнодорожного транспорта и Научно-исследовательского института мостов создали оригинальный ультразвуковой дефектоскоп, который можно установить в обычном пассажирском вагоне. Прибор обнаруживает дефекты в рельсах, по которым вагон идет со скоростью 40 км/час. «Заметив» дефект, установка при помощи бистродействующего аппарата отмечает на специальной карточке место, где был обнаружен изъян. Тотчас же краскопульт оставляет на рельсе пятно. Дефектоскоп успешно прошел испытания на ленинградском метрополитене. Применение такого дефектоскопа в десять раз сокращает время проверки железнодорожных путей по сравнению с ручными тележками.

Рассмотренные ультразвуковые дефектоскопы уже сейчас широко применяются в промышленности. Внедрение ультразвуковой техники в производство идет не только по пути изыскания новых методов и усовершенствования самой ультразвуковой аппаратуры, но и по пути комплексного применения ее в процессах автоматизации, обеспечивая дальнейшее повышение производительности труда.

В последние годы созданы автоматические ультразвуковые дефектоскопы, например иммерсионный дефектоскоп ИДЦ-3М, предназначенный для полного автоматического контроля труб из различных материалов и сплавов. Он выявляет дефекты, находящиеся на наружной и внутренней поверхностях трубы, а также в толще ее стенки. Дефектоскоп работает по принципу импульсного возбуждения сфокусированных в пучок ультразвуковых волн, направленных под некоторым углом через слой жидкости на поверхность трубы. Контролируемый участок трубы находится в ванне с жидко-

стью, в которую погружены искательные головки с фокусирующими насадками. Диаметр контролируемых труб от 6 до 60 мм, длина до 6 м. Прибор используется для дефектоскопии труб, применяемых в энергетическом, химическом, нефтяном машиностроении и других отраслях промышленности.

Сравнительно недавно ультразвуковые приборы начали применять для контроля качества керамики, стекла и бетонных сооружений. Всесоюзным научно-исследовательским институтом железобетона создан импульсный прибор ДУК-20, предназначенный для автоматического контроля нарастания прочности бетона в изделиях, проходящих цикл тепловой обработки, и для разового контроля прочности бетона в готовых изделиях. Действие прибора основано на измерении скорости распространения ультразвукового импульса, которая зависит от прочности бетона. Измерение производится с помощью декадных переключателей, при вращении которых на электронно-лучевой трубке совмещается строб-импульс с отраженным сигналом. Прибор измеряет время распространения ультразвукового импульса в бетонных и железобетонных изделиях длиной до 5 м с точностью 0,6% (0,1 мксек), что соответствует определению прочности бетона с точностью до $\pm 8\%$. Его можно использовать в системах автоматического процесса тепловой обработки.

Недавно закончились испытания нового ультразвукового индикатора прочности бетона ИПБ-1, разработанного отделом ультразвуковой техники и технологии «Средазэнергопромавтоматики». Установка ИПБ-1 очень удобна: она действует от постоянного тока электрокара и свободно транспортируется в любое место.

Сотрудниками Мосподземстроя разработан прибор для автоматического контроля ультразвуковым методом кольцевых сварных швов в металлических трубах небольшой толщины. Автомат снабжен модернизированным призматическим щупом со сфокусированным лучом.

Резонансный метод ультразвуковой дефектоскопии основан на использовании незатухающих колебаний высокой частоты, вырабатываемых ультразвуковым генератором и излучаемых в проверяемый образец. Если собственная частота образца равна частоте генератора, то возникает резонанс колебаний. Между падающими и отраженными волнами наблюдается интерференция. Если толщина образца равна целому числу полуволн, то возникают стоячие волны, свидетельствующие о том, что резонансная частота образца совпадает с частотой генератора. Настроив частоту генератора на резонансную частоту изделия определенной толщины и исследуя другие участки этого изделия, можно заметить момент исчезновения резонанса. Это и указывает на изменение толщины или на наличие внутри изделия дефекта. Зная частоту излу-

чаемого ультразвука и скорость его распространения в материале контролируемого изделия, легко определить его толщину или расстояние до дефекта. Резонансный метод ультразвуковой дефектоскопии часто применяют для измерения толщины изделий при одностороннем доступе к ним, а недавно в некоторых странах резонансный метод ультразвуковой дефектоскопии применили для проверки строевого леса. Этим методом проверяют обшивку подводной части корабля, не помещая его в док.

1963 г. Кишиневский завод «Электроточприбор» приступил к серийному выпуску ультразвукового резонансного дефектоскопа ТУК-3 (УРТ-6), разработанного ЦНИИТМАШ. Прибор предназначен для измерения толщины стенок изделий, доступ к которым имеется только с одной стороны. Прибор регистрирует на экране электронно-лучевой трубки явления упругого резонанса ультразвуковых колебаний, возбуждаемых в изделии с частотой девиации от 3 до 9 Мгц. На шкале специального отсчетного устройства дается значение толщины изделия при совмещении вспомогательного импульса с резонансными импульсами на экране. Отсчетное устройство максимально упрощает и ускоряет процесс измерения.

Кроме перечисленных методов дефектоскопии, существует еще метод ультразвуковой визуализации, который позволяет не только обнаруживать дефекты, но видеть их форму и размеры. Этому методу исследования придается большое значение, так как он перспективен и таит в себе возможность совершенствовать ультразвуковую дефектоскопию. Методов ультразвуковой визуализации несколько: термоакустический, взвеси, поверхностного рельефа, электронно-акустический и другие. Наиболее широко применяется электронно-акустический метод, заключающийся в том, что звуковое изображение преобразуется в видимое не сразу, а через промежуточную ступень — электрическое изображение. Преимущество этого метода в том, что, имея дело с электрическими напряжениями, он дает значительно более высокую чувствительность, чем другие методы.

Сущность электронно-акустического метода состоит в том, что переменное звуковое давление жидкости воздействует на пьезоэлектрическую мозаику, заставляя колебаться ее определенные участки, в результате чего возникают электрические заряды, т. е. электрическое изображение. Пьезоэлектрическая мозаика выполнена в виде экрана электронно-акустического преобразователя, представляющего собой как бы передающую телевизионную электронно-лучевую трубку. С выхода электронно-акустического преобразователя напряжение поступает на усилитель, а затем на электронно-лучевую трубку, где электрическое изображение преобразуется в видимое. Впервые такой прибор предложил советский ученый С. Я. Соколов, на-

звавший его ультразвуковым микроскопом.

Особый интерес представляют приборы для контроля вязкости (вискозиметры), расхода (расходомеры), уровня (уровнемеры) жидких веществ с помощью ультразвука.

Ультразвуковые вискозиметры непрерывно определяют вязкость любой жидкости, в том числе и расплавленного металла. Существует несколько типов ультразвуковых вискозиметров. Один из них, наиболее часто применяющийся, основан на принципе демпфирования. Если металлический стержень, помещенный в жидкость, коротким ударом заставить колебаться, то через некоторое время колебания затухнут, а скорость спада амплитуды зависит от вязкости среды.

Ультразвуковой расходомер основан на определении разности во времени прохождения ультразвука в направлении потока и против потока. Зная расстояние участка, на котором производился замер, можно определить скорость потока. Ультразвуковыми расходомерами можно определять расход воды в камерах турбин на гидроэлектростанциях.

В ультразвуковом уровнемере использованы свойства ультразвуковых колебаний отражаться от границы раздела двух сред. Уровень жидкости можно измерять как от верхней кромки сосуда, так и от его дна. Ультразвуковые сигнализаторы уровня успешно применяются для регистрации уровня в паровых котлах. Сотрудниками отдела ультразвуковой техники и технологии «Средазэнергопромавтоматики» создан ультразвуковой сигнализатор уровня УСУ-1, фиксирующий уровень жидкости с точностью до 5 мм и автоматически поддерживающий этот уровень. Такой уровнемер особенно нужен там, где имеются агрессивные и токсические жидкости, которые хранятся в герметически закрытых сосудах.

УЛЬТРАЗВУК В МЕДИЦИНЕ

Нельзя ли использовать ультразвук для исследования внутренних органов человека, подобно тому, как это делается при дефектоскопии различных материалов? Опыты показали, что с помощью ультразвука можно исследовать живые ткани и выявлять в них различные ненормальности. Вначале для этой цели пытались применять теневой метод, но получалась очень большая контрастность, и одну ткань трудно было отличить по физическим свойствам от другой. Более подходящим оказался импульсный метод, основанный, как и в дефектоскопии, на отражении ультразвука от границы раздела двух сред. Этот метод позволяет получить на экране электронно-лучевой трубки прибора изображение, на котором

можно отличить друг от друга ткани, близкие по своим физическим свойствам. Импульсным методом можно диагностировать некоторые заболевания, например обнаружить опухоль внутри мягкой ткани, а в некоторых случаях даже выявить злокачественную опухоль на ранней стадии ее развития. Ультразвуковую биолокацию применяют для диагностики некоторых других заболеваний, например при опухолях мозга и камнях в органах, а также при глазных заболеваниях. С помощью ультразвука можно проверить работу сердца и установить ненормальности функционирования не только самого сердца, но и отдельных его участков.

Сотрудниками Всесоюзного научно-исследовательского института медицинского инструментария и оборудования создан прибор УЗД-4, предназначенный для ультразвуковой диагностики опухолей и других патологических изменений в человеческом организме. В тело пациента посылаются ультразвуковые импульсы. Если на пути ультразвуковых волн встречаются неоднородности в виде опухолей или какие-либо другие образования, то часть энергии отразится обратно и попадет на датчик, преобразующий ультразвуковую энергию в электрическую. Далее отраженные импульсы попадают на вход приемника, усиливаются и затем регистрируются на экранах электронно-лучевых трубок блока индикатора. В настоящее время в московских клиниках испытывают новые приборы УЗД-5, УЗД-6, которые являются модификацией прибора УЗД-4.

В 1963 г. на австрийской промышленной выставке в Москве наряду с многими экспонатами были представлены и ультразвуковые диагностические приборы фирмы Кретцтехник. Прибор серии 1000М предназначен для энцефалографии по методу отраженных ультразвуковых импульсов. С его помощью можно без хирургического вмешательства обнаружить ненормальные изменения и инородные тела в ткани, а также устанавливать диагноз опухолей в мозгу и наблюдать за работой сердца. Прибор работает на частоте 1—6 Мгц. Его устанавливают на передвижном транспортном столике, на котором закреплены фотоаппарат и диктофон, предназначенные для регистрации наблюдений. Управление прибором, фотоаппаратом и диктофоном осуществляется приставкой дистанционного управления, состоящей из четырех ножных приводов.

Другой прибор, серии 7000, исследует глаза. При помощи этого прибора можно устанавливать изменения во всех частях глазного яблока и в орбите. Прибор работает на частоте 10—14 Мгц, а при исследовании орбиты — на частоте 3—6 Мгц.

По сравнению с рентгеновским методом ультразвуковой метод имеет большие преимущества: он в ранней стадии выявляет злокачественные опухоли, не обнаруженные рентгеном из-за малых размеров и плотности, близкой к плотности окру-

жающей ткани, дает возможность диагностировать опухоли в некоторых органах человеческого тела, недоступных для рентгенологического исследования, не оказывает вредного биологического воздействия на ткани организма.

Помимо диагностики, ультразвук применяется и для лечения некоторых заболеваний, например невритов, невралгии, экземы, фурункулеза, радикулита, болезни Бехтерева и других. Лечебное действие ультразвука складывается из нескольких факторов: теплового действия, основанного на поглощении ультразвуковых волн телом человека, механического воздействия, представляющего собой своего рода микромассаж клеток и тканей, и химического воздействия, заключающегося в изменении хода окислительно-восстановительных процессов, ускоренном расщеплении сложных белковых комплексов, активизировании ферментов. При лечении ультразвуком улучшается крово- и лимфообращение, активизируются процессы обмена и выделения в кровь активных веществ организма — гормонов. Ультразвуковой микромассаж смягчает боль, стимулирует деятельность нервной и эндокринной систем, улучшает функциональное состояние соединительной ткани и усиливает защитные реакции организма.

Ультразвуковая физиотерапия находит все большее применение при лечении различных заболеваний. Проведенные в одной из лабораторий Академии наук СССР опыты на животных показали, что с помощью мощного ультразвукового излучения в течение одной секунды удается разрушить злокачественную опухоль. Рост опухоли прекращался, кролики выздоравливали и, более того, у них возникал иммунитет к повторным прививкам злокачественных опухолей. Хорошие результаты получены при удалении с помощью ультразвука физиологических камней. Замечено значительное улучшение функционирования суставов и мышц при облучении их ультразвуком. Лечение ультразвуком способствует понижению кровяного давления при гипертонической болезни, а также положительно сказывается на изменении кислотности желудочного сока.

Ультразвуковые приборы УТС-1 и УТП-1 для физиотерапии уже давно применяются в лечебных заведениях. Они разработаны ВНИМИО, а изготовлены Московским заводом электро-медицинской аппаратуры. УТС — ультразвуковой терапевтический стационарный прибор широко применяется для лечения радикулита, ишиаса, миалгии, артрита, трофических язв, болезни Бехтерева и других заболеваний. Он работает на частоте 830 кГц, максимальная мощность 20 вт. При лечении применяется непрерывный и импульсный режимы излучения. В приборе имеются процедурные часы, которые предназначены для автоматического выключения генератора, а, следовательно, и прекращения излучения. Прибор УТП-1 — ультра-

звуковой терапевтический портативный — предназначен для лечения различных нервно-мышечных заболеваний. Он отличается от стационарного своими размерами и максимальной мощностью излучения (8—10 вт). УТП-1 — первый серийный аппарат в СССР. Он отличается от аналогичных зарубежных аппаратов тем, что у него имеется импульсный режим работы; его можно переносить и использовать для лечения больных на дому.

При ультразвуковой физиотерапии применяют два метода облучения: прямой и иммерсионный. При прямом контакте ультразвуковую головку прикладывают к смазанному тонким слоем масла или специальной контактной жидкостью участку поверхности тела. При иммерсионном контакте облучение тела производится в водяной ванне, где вода служит контактной жидкостью.

В медицине ультразвук применяется и для других целей. Ультразвуковым фокусирующим прибором можно разрушать отдельные нервные клетки, не нарушая другие участки нервных клеток и живой ткани. Такой прибор необходим в нейрохирургии, когда нужно разрушить отдельные клетки в любой части головного мозга, не разрушая здоровых участков мозга и без рассечения черепа, не нарушая кровообращения. Прибор создает в фокальной области очень большое звуковое давление (до 50 атм), в результате чего нервные клетки могут быть разрушены за 1—2 секунды. Фокусное расстояние при работе прибора можно изменять, а, следовательно, и выбирать любой оперируемый участок по глубине залегания без повреждения верхних слоев.

Ультразвук применяют и в зубоврачебной практике для лечения и пломбирования зубов. Ультразвуковая обработка зубов безболезненна и не вызывает нагрева.

Хорошо зарекомендовал себя ультразвуковой аппарат для снятия зубного камня. Он делает это безболезненно, бескровно и быстро. В устройстве аппарата использовано явление кавитации, возникающей в струе воды, которая смыкает колеблющийся наконечник. Аппарат портативен, прост в эксплуатации и не требует от врача физических усилий при работе.

Ультразвуковые устройства применяют и косвенно для лечения туберкулеза, катара верхних дыхательных путей и других. Такие заболевания легко поддаются лечению при вдыхании распыленных лекарств (аэрозолей), особенно антибиотиков. Этот вид лечения называют ингаляцией. Ультразвук недавно начали применять для получения лечебных аэрозолей. Для этой цели создан ультразвуковой ингалятор. Вот как он устроен: на поверхности жидкого лекарственного вещества с помощью ультразвукового излучателя создается фонтан из очень мелких капель. Преимущество ультразвуковых ингаляторов перед обычными состоит в том, что их можно применять

при коллективном лечении: аэрозоли создают в специальном помещении, где находятся несколько больных.

Ультразвуковые методы лечения находят все большее применение при лечении, но пользоваться ими нужно умело. Очень важно правильно выбрать дозировку, метод и приборы. Доза, как правило, выбирается для средней интенсивности по продолжительности воздействия ультразвука. Частоту ультразвуковых колебаний выбирают в зависимости от глубины расположения пораженного органа. Чем ниже частота, тем глубже проникают в тело ультразвуковые колебания, поэтому чаще применяют частоту 0,8—1 Мгц.

Чрезмерные дозы воздействия ультразвука отрицательно влияют на организм человека. У тех, кто нарушает правила техники безопасности, может начаться профессиональная болезнь. Сотрудники Института охраны труда ВЦСПС разрабатывают эффективные меры по борьбе с вредным воздействием ультразвука на человека. Так, например, разработанный ими кожух для ультразвуковых станков, применяющихся при обработке твердых и хрупких материалов, снижает уровень ультразвукового давления на 30—40 децибел. Звукоизолирующие кожухи ультразвуковых ванн в настоящее время выпускаются серийно. Если же звукоизоляция отсутствует, то целесообразно размещать ультразвуковое оборудование в отдельных помещениях. Источники колебания воздуха (свистки, сирены) рекомендуется устанавливать в звукоизолированных помещениях, кабинах, боксах.

Прежде чем изучить характер воздействий ультразвуковых колебаний на человеческий организм, ученые провели многочисленные опыты с животными и живыми организмами. Опыты показали, что ультразвук убивает некоторые простейшие живые организмы. Например, большие дозы ультразвука разрывают и уничтожают инфузории, туберкулезные палочки; вирусы гриппа под действием ультразвука в течение одного часа понижают свою активность в тысячи раз. При помощи ультразвука удается, например, полностью уничтожить бактерии такого типа, как стафилококки, стрептококки, вирусы энцефалита и другие. При облучении ультразвуком поверхности кожи человека количество бактерий значительно уменьшается, а после 30—40 минут наступает стерилизация. То же самое происходит при облучении ультразвуком молока: оно становится стерильным и долго сохраняется. Кроме того, можно стерилизовать ультразвуком сыворотку крови и плазмозаменяющие растворы. Это обеспечивает более высокое их качество, увеличивает срок хранения. Обработанные ультразвуком овощи и фрукты надолго сохраняют свежесть.

Разрушение бактерий и вирусов под действием ультразвука без повышения температуры или добавления химических веществ дает возможность получать вакцины, создающие ак-

тивный иммунитет. Животные, которым вводился облученный вирус бешенства, не только оставались здоровыми, но у них в результате прививки появлялся иммунитет. Исследования показали, что при правильной дозировке можно так изменить природу бактерий туберкулеза, что это дало бы возможность получать вакцину для предохранительных прививок.

Исследователи установили, что разрушение микроорганизмов наблюдается только при повышенной интенсивности излучения. При малых же интенсивностях ультразвука, наоборот, происходит стимулирование роста бактерий и вирусов. А обработка семян ультразвуком соответствующими дозами приводит к тому, что они быстрее прорастают.

Ультразвук действует и на более сложные живые организмы — рыб, лягушек, головастиков и других. При облучении ультразвуком эти организмы парализуются или погибают. В самом начале облучения у животных наблюдается сильное беспокойство, подергивание, а через минуту наступает полная неподвижность. Рыбы при этом переворачиваются на бок и вверх брюшком, а некоторые из них всплывают на поверхность. Если в это время прекратить облучение, они вновь становятся подвижными, если же облучение продолжить, то погибают. При очень большой интенсивности облучения у рыб в разных участках тела возникают небольшие кровотечения. Ультразвук действует на живые организмы не только в воде, но и в воздухе. В поле от ультразвуковой сирены при частоте 20 кГц и силе звука 1—3 Вт/см² в течение короткого времени погибают мелкие животные и насекомые.

РАЗВЕДЧИК МОРСКИХ ГЛУБИН

Свет проникает в толщу воды лишь на глубину в несколько десятков метров. Примерно на такую же глубину распространяются в воде и радиоволны. После многочисленных опытов ученые решили использовать для исследований морских глубин звук и ультразвук. Звуковые волны распространяются в море значительно дальше, чем ультразвуковые. В морях и океанах часто наблюдаются случаи сверхдальнего распространения звуковых волн, особенно в океане, где природа создала подводные звуковые каналы. Очень большая дальность распространения звука в канале объясняется тем, что звуковые лучи проходят большие расстояния, претерпевая полное внутреннее отражение от верхней и нижней границ звукового канала, не выходя за его пределы. Когда в таком звуковом канале в районе Австралии была взорвана бомба весом 22,5 кг, то звук от ее взрыва был слышен на расстоянии около 20 тысяч километров. Но применение звуковых волн в поисковых целях ограничено. В настоящее время единственным эффективным средством для обнаружения подводных

препятствий и объектов является ультразвук. Почему ультразвуковые волны более пригодны для этой цели, чем звуковые? Дело в том, что в ультразвуковом диапазоне частот значительно проще получить направленное излучение при относительно небольших размерах излучателей. Направленное излучение ультразвука позволяет обнаружить подводный объект, определить расстояние до него и направление на него. Это очень важно для мореплавателей, так как при получении отраженного сигнала от айсберга или скалы капитан судна или корабля может изменить курс и избежать столкновения. Вот для этой цели и были созданы ультразвуковые приборы — разведчики морских глубин, называемые эхолотами и гидролокаторами.

Эхолот состоит из генератора, излучателя, приемника, усилителя и индикатора. Ультразвуковые колебания, вырабатываемые генератором, поступают на преобразователь (излучатель) и излучаются в воду. Отразившись от дна или препятствия, ультразвуковые импульсы возвращаются к преобразователю (приемнику) и через усилитель поступают на индикатор, который может быть выполнен в виде прибора с электронно-лучевой трубкой или со специальной бумагой, на которой записываются отраженные эхосигналы.

При измерении глубин отдельных участков или районов моря можно составить подводную карту, на которой будут видны возвышенности и углубления. Имея перед собой морскую карту, на которой указаны глубины, и сравнивая ее данные с показаниями эхолота, можно ориентировочно определить место корабля в море и избежать посадки его на мель.

В 1962 г. была организована специальная экспедиция в район Атлантики для научных исследований морских глубин. Около полугода суда «Петр Лебедев» и «Сергей Вавилов» бороздили океан. Ученые провели много наблюдений за сверхдальным распространением звука в океане, подробно изучили рельеф дна и открыли полуторакилометровую подводную гору, которая не значилась на карте. Участники экспедиции, применяя акустические методы исследования, получили интересные сведения о подводных течениях. При помощи специальных приемников, опущенных в воду, удалось прослушать и записать на пленку голоса различных рыб, которых раньше считали безмолвными.

Современные эхолоты очень чувствительны и точны, поэтому они применяются не только для измерения глубин, но и для поисков подводных объектов, например затонувших кораблей. Ученые даже считают возможным с помощью эхолотов находить и изучать древние памятники культуры, находящиеся на дне моря. Можно надеяться, что ультразвуковые приборы сыграют немаловажную роль в развитии новой науки — подводной археологии.

В настоящее время почти все суда и корабли оборудованы эхолотами. На некоторых судах установлены горизонтальные эхолоты, в задачу которых входит не измерять глубину, а обнаруживать подводные препятствия в горизонтальной плоскости по курсу движения корабля или в определенном секторе. На военных кораблях это выполняют гидролокационные станции.

Применение эхолотов имеет большое народно-хозяйственное значение. Большинство рыболовецких судов оборудовано эхолотами, а в последнее время вместо обычных эхолотов на рыболовецких судах устанавливают специальные рыбопоисковые приборы. Они отличаются от эхолотов по конструктивному оформлению, а принцип их действия тот же. Дело в том, что рыбы, а точнее их наполненные воздухом пузыри хорошо отражают ультразвук, что позволяет находить косяки рыбы.

В настоящее время в Советском Союзе налажен серийный выпуск нескольких типов совершенных ультразвуковых приборов, промысловых судов различных конструкций и водоизмещения. Они широко применяются как в нашей стране, так и за рубежом. На малотоннажных промысловых судах устанавливают ультразвуковой прибор «Окунь». Он обнаруживает скопления рыбы в придонных, средних и верхних слоях воды. Отраженные от препятствий, ультразвуковые колебания принимаются вибратором — приемником, который преобразует их в электрические сигналы. Пройдя через усилитель, импульсы поступают на перо самописца. Двигаясь по специальной электрохимической бумаге, перо записывает отраженные импульсы. По полученной эхограмме можно судить о протяженности и плотности обнаруженного косяка рыбы. Прибор «Окунь» прост в эксплуатации и не требует специальной подготовки для работы с ним. Его можно использовать и для навигационных целей, т. е. для измерения глубины.

Другой рыбопоисковый прибор — «Палтус» — устанавливают на средних и больших промысловых судах. Прибор находит косяки рыбы и мелкие рыбные скопления в вертикальной и горизонтальной плоскостях. С его помощью определяют направление на косяки рыбы и расстояние до них. Кроме того, этот прибор может находить китовые стада. Максимальная дальность обнаружения плотных косяков рыбы 4000 м.

На судах среднего и большого тоннажа устанавливают прибор «Дельфин-1». Он может быть использован в качестве навигационного эхолота. Прибор снабжен, кроме самописца, электронно-лучевой трубкой, при помощи которой скопления под килем можно наблюдать визуально на экране в виде условных отметок. Прибор работает при скорости судна до 10 узлов, бортовой качке в 10° и килевой качке до 5° .

Разработаны и более совершенные рыбопоисковые приборы «Кальмар» и «Судак», которые позволяют вести поиски ры-

бы на больших глубинах. Для улучшения и повышения уверенности наблюдения за косяками рыбы в некоторых электронных индикаторах рыбопоисковых приборов предусмотрена так называемая электронная лупа, с помощью которой можно просматривать небольшие участки глубины поочередно, в результате чего надежность обнаружения повышается. Такие приборы иногда называют **рыбной лупой**.

Совсем недавно сотрудники Полярного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии предложили применить современные рыбопоисковые приборы («Дельфин» и «Атлас-Верке 658») для поисков рыбы и промера глубин через лед. Долгое время считалось, что эхолотирование через лед связано с большими трудностями. Но авторы изобретения доказали, что поиски рыбы через лед дают хорошие результаты; эхолот «замечает» не только косяки, но и отдельных рыб.

Поиски рыбы и промер глубины через лед проверены на практике на Ловозере, Сейдозере, озере Имандра и Белом море, а также на Волгоградском водохранилище. Приборы обнаруживали рыбу через лед толщиной до 85 см на глубине до 4 м. Рыбопоисковые приборы можно разместить на санях, а более удобным для поисковых работ оказался гусеничный транспортер ГАЗ-47, в кузове которого помещаются два прибора.

Особое место занимает ультразвук в военном деле. В гидроакустических станциях, предназначенных для обнаружения подводных лодок, также применяется ультразвук. Первое практическое применение гидроакустические приборы получили в 1905 г. Это были приборы подводной связи, как их тогда называли, приборы «для акустического телеграфирования через воду». Они были установлены на некоторых подводных лодках и надводных кораблях.

Особенно же бурное развитие гидроакустики началось во время первой мировой войны. К началу второй мировой войны уже почти на всех кораблях появились гидроакустические станции, которые не только обнаруживали подводную лодку, но и определяли расстояние до нее. Такие станции называются гидролокаторами. В свою очередь, на подводных лодках устанавливались шумопеленгаторные гидроакустические станции, очень чувствительные к подводным шумам. С их помощью можно услышать шум винта надводного корабля и с большой точностью определить направление на шум. Такие станции называют шумопеленгаторами. В последние годы на вооружении кораблей флота появились специальные гидроакустические станции связи и опознавания.

Таким образом, ультразвук стал незаменимым помощником военных моряков в боях между надводными кораблями

и подводными лодками. Это и есть одна из главных областей применения ультразвука в военном деле.

Гидролокационные станции появились как необходимый элемент в целом комплексе борьбы с подводными лодками, находящимися в подводном положении. Работа гидролокатора основана на излучении ультразвуковых импульсов и приеме эха, отраженного от подводного объекта. Если измерить время с момента посылки импульса до возвращения эха, то можно определить расстояние до обнаруженного объекта. Метод ультразвуковой локации позволяет определить и направление на объект. Этому способствует узкая диаграмма направленности излучаемых ультразвуковых колебаний.

Гидролокатор (рис. 5) состоит из акустической системы, подъемно-опускного и поворотного устройств, генератора, коммутационного устройства, синхронизатора и индикаторных приборов.

Акустическая система состоит, в свою очередь, из преобразователя, размещенного в специальном обтекателе, и служит для изучения ультразвуковых волн и приема отраженных от цели эхосигналов. Ультразвуковые волны излучаются короткими посылками. После каждой посылки наступает пауза, во время которой преобразователь становится приемником. Для уменьшения помех от завихрений воды во время хода работы обтекатель опускают ниже килля, а после окончания работы поднимают в специальный отсек. Для этой цели и служит подъемно-опускное устройство. На некоторых проектах надводных кораблей обтекатели закреплены постоянно в носовой части в виде овальной выпуклости. В этом случае подъемно-опускное устройство не требуется.

Генератор вырабатывает электрические колебания ультразвуковой частоты, которые затем через коммутационное устройство поступают на преобразователь акустической системы. Коммутационное устройство представляет собой реле приема-передачи, которое при посылке подключает генератор к излучателю, а в момент паузы подключает приемник к усилителю, который усиливает и преобразует слабые электрические сигналы. С выхода усилителя сигналы поступают на индикаторные приборы.

Для управления работой основных приборов станции служит синхронизатор, играющий очень важную роль в работе гидролокационной станции. Это он вырабатывает импульсы, которые управляют работой генератора и индикаторных приборов. В определенные моменты генератор включается и выключается, а в момент начала излучения запускается развертка электронно-лучевой трубки индикатора.

Индикаторные приборы включают в себя рекордер, электронный отметчик, телефоны и громкоговоритель. Рекордер служит для графического воспроизведения отражен-

ных сигналов, измерения расстояния до обнаруженных объектов, определения относительной скорости сближения с целью, выработки данных для атаки подводной лодки. Кроме того, рекордер может управлять работой реле приема-передачи, а, следовательно, посылками ультразвуковых сигналов. Электронный отметчик представляет собой устройство с электронно-лучевой трубкой. Он предназначен для определения направления на цель и расстояния до нее, а также для управления посылками излучателя. В гидролокаторах кругового поиска применяются индикаторы кругового обзора, на экранах которых цели наблюдаются в виде светящихся отметок. Принцип действия такого гидролокатора состоит в том, что его преобразователь излучает ультразвуковую энергию не направленно, а одновременно по всему горизонту. Следовательно, отраженные сигналы будут приняты преобразователем от всех целей, находящихся в зоне действия гидролокатора.

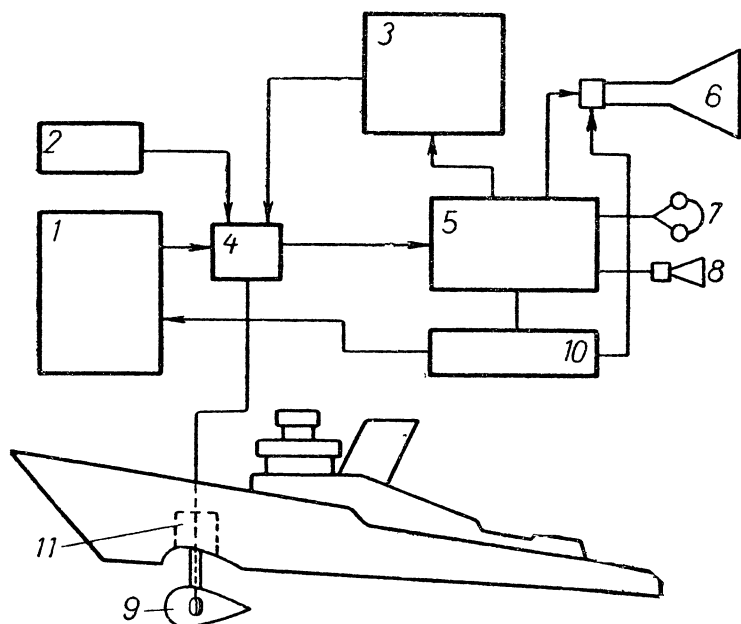


Рис. 5. Блок-схема гидролокационной станции, применяющейся на военных надводных кораблях:

1 — генератор; 2 — автомат посылки; 3 — рекордер; 4 — коммутационное устройство; 5 — усилитель; 6 — электронный отметчик; 7 — телефоны; 8 — динамик; 9 — акустическая система; 10 — синхронизатор; 11 — подъемно-опускное и поворотное устройства.

Гидролокаторы сейчас обязательно устанавливаются на каждом военном надводном корабле (кроме торпедных катеров) и подводной лодке. Современные атомные подводные лодки могут долго находиться под водой, передвигаются там с большой скоростью и плавают подо льдом. И гидролокатор является единственным средством ориентировки в океанских глубинах. Современные гидролокационные станции измеряют и толщину льда. Благодаря этому подводная лодка при подледном плавании может выбрать разводье или участок с тонким слоем льда и всплыть в этом месте на поверхность. Умело пользуясь современной техникой, советские военные моряки на подводной лодке «Ленинский комсомол» прошли подо льдами Северного полюса, всплыли в районе Северного полюса и установили там флаг СССР.

Гидролокационные станции устанавливаются также и на дне моря или океана у подходов к базам и портам. Они могут предупреждать о приближении к стоянке кораблей вражеских подводных лодок. Акустическую систему, воспринимающую звуковые колебания от винтов подводной лодки, располагают на дне моря, остальные приборы станции находятся на берегу. Акустическая система соединяется кабелем с приборами, находящимися на берегу.

В роли подводных сторожей успешно используются и радиогидроакустические буй, состоящие из гидрофона и портативной радиостанции. Гидрофон улавливает шум подводной лодки, а радиостанция автоматически передает сигнал на приемную станцию, которая может быть расположена на самолете, вертолете или на берегу. Радиогидроакустические буй применяются в комплекте из нескольких десятков буюв. Барьер из радиогидроакустических буюв устанавливают у входа в базы и порты в районе рейдовых стоянок кораблей, а также на предполагаемых маршрутах движения подводных лодок. Каждый буй связан с приемной аппаратурой отдельным радиоканалом на определенной частоте. Получив сигнал, оператор знает, какой буй передает сигналы. По местонахождению бую можно определить, в каком районе находится подводная лодка. Некоторые конструкции буюв предназначены не только для подслушивания шумов от подводных лодок, но и для определения направления и расстояния до них. В этом случае буй работает в активном режиме, т. е. каждый буй представляет собой небольшой гидролокатор. Такие буй сложнее по устройству и больше по размерам, поэтому их, как правило, устанавливают на якорях. Стационарные буй можно лучше оборудовать, аккумуляторы их можно периодически перезаряжать, а поэтому срок их службы значительно удлинится.

Основная проблема в гидроакустике — это дальность обнаружения подводных лодок. На дальность действия гидролокатора влияют собственные шумы корабля, возникающие

при работе гребных винтов, а также завихрений воды у акустической системы, возникающих при движении корабля. С увеличением скорости корабля собственные шумы возрастают. Чтобы избавиться от их влияния, специалисты пошли по двум путям. Один из них — это применение гидролокаторов, у которых акустическая система буксируется на некотором удалении от корабля. Дальность действия таких гидролокаторов значительно повышается, так как они меньше подвержены воздействию шумов, возникающих при движении корабля. Кроме того, буксируемая акустическая система может опускаться на необходимую глубину, где условия распространения звука наиболее благоприятны. Второй путь — это применение авиационных гидроакустических средств. По устройству такие гидролокаторы сходны с корабельными гидролокаторами, с той только разницей, что акустическая система опускается в воду на специальном тросе — кабеле, — а остальная аппаратура размещается на вертолете. Преимущество этого метода в том, что отсутствуют помехи от завихрений воды, повышается скорость обследования района, а главное, можно выбирать благоприятные условия распространения звука. После обследования участка вертолет поднимает акустическую систему и быстро переносит ее в другой район.

Не только подводные лодки опасны для надводных кораблей, но и подводным лодкам угрожает опасность быть атакованными надводными кораблями, а особенно противолодочными. Поэтому, естественно, подводные лодки должны иметь хорошую гидроакустическую аппаратуру, позволяющую им свободно ориентироваться под водой, обнаруживать и выбирать цели, а при необходимости и уклоняться от преследования. В то же время подводная лодка, находясь под водой, должна соблюдать максимальную осторожность. Ее приборы не должны работать на излучение, чтобы не демаскировать себя. Поэтому на подводной лодке основным средством наблюдения является шумопеленгаторная станция, принцип действия которой основан на прослушивании шумов без излучения в воду ультразвуковых посылок. Шумопеленгатором можно обнаружить шумы, возникающие от работы гребных винтов кораблей, а также от других механизмов, и определить направление на шумящий объект. Кроме того, гидроакустик (оператор станции) может определить класс корабля, так как шумы винтов транспорта, крейсера, эсминца, катера отличаются один от другого.

Шумопеленгаторная станция состоит из акустической системы, усилителей, компенсатора и индикаторных приборов. Акустическая система имеет несколько пьезоэлектрических или магнитострикционных приемников, расположенных по кругу или эллипсу обычно в носовой части подводной лодки. Один приемник не обладает необходимой на-

правленностью, а несколько приемников образуют базу, благодаря которой акустическая система становится направленной. С приемников принятые сигналы поступают на предварительные усилители, где очень слабые электрические сигналы усиливаются. Затем сигналы поступают в компенсатор, служащий для определения направления на источник шума. Здесь сигналы вновь усиливаются и поступают на индикаторные приборы.

* * *

Ученые открывают у ультразвука все новые способности и возможности и обучают его все новым профессиям. В последние годы ультразвук впервые применили в промышленных и лабораторных установках пищевой, парфюмерной, фармацевтической, винодельческой, угольной, текстильной, полиграфической промышленности.

Большой интерес представляет собой работа Института автоматики Госплана Украины по применению ультразвука в угольной промышленности. Для автоматизации процесса добычи угля в шахтах в институте создано ультразвуковое устройство, позволяющее отличать уголь от других горных пород, между которыми заключен угольный пласт. Ультразвуковые колебания значительно ослабевают при распространении в пластах каменного угля и несравнимо меньше — при распространении в породах, сопутствующих каменному углю (глинистый сланец, песчаник, известняк).

Текстильщики также обязаны многими успехами ультразвуку. На текстильных фабриках имени Октябрьской революции и имени Жданова успешно применяют ультразвуковую установку для приготовления шлихты. Использование этой установки позволяет готовить шлихту значительно быстрее и при более низкой температуре, в результате чего сокращается потребление пара, экономятся крахмал и химические расщепители. Качество основ, обработанных шлихтой, приготовленной на ультразвуковой установке, значительно выше. На ткацких станках снизилась обрывность нитей более чем на 20%, возросла производительность труда ткачей.

С помощью ультразвука ручной труд механиз-

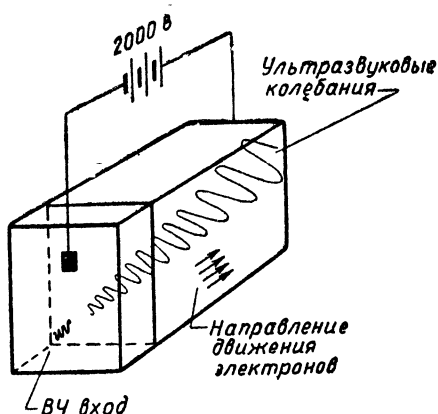


Рис. 6. Акустический усилитель высокочастотных сигналов.

руется и в полиграфии. Съём изображения с офсетных форм производится пока еще ручным способом. Скоро эту трудозёмную работу будет выполнять ультразвуковая установка.

В Харьковском Научно-исследовательском химико-фармацевтическом институте применили ультразвук при контроле ампул на механические загрязнения, что позволило автоматизировать этот процесс и повысить качество контроля.

Научно-исследовательскими организациями США разрабатываются акустические усилители высокочастотных сигналов (рис. 6). Ученые предполагают использовать их в качестве усилителей промежуточной и высокой частоты, усилителей с ограничением амплитуды сигнала, а также линий задержки сверхвысокочастотных сигналов без потерь.

Действие таких усилителей основано на пьезоэлектрическом преобразовании электромагнитных колебаний в ультразвуковые, усилении ультразвуковых колебаний и на преобразовании усиленных ультразвуковых колебаний в электромагнитные. Коэффициент действия этого усилителя составляет 30—40 децибел.

В качестве преобразователей используются пластины кварца со срезом Y . Зарубежные специалисты считают возможным использовать для этой цели соединения из элементов II и V групп периодической системы элементов Менделеева (фосфид галлия, арсенид индия, фосфид бора).

Наука об ультразвуке сравнительно молода. Дальнейшее внедрение ультразвуковых методов в различные производственные процессы народного хозяйства будет продолжаться еще большими темпами и в более широких масштабах. В Программе КПСС указывается, что все большее место в технологии производства в ближайшие два десятилетия наряду с радиоэлектроникой и полупроводниками займет также ультразвук.

9 коп.

**Индекс
70067**

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»

Москва 1965