

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

АКУСТИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ

Том XXII

(ОТДЕЛЬНЫЙ ОТТИСК)

4

МОСКВА · 1976

Магнитоупругая нелинейность ферромагнетиков может проявиться также и при распространении в такой среде звука конечной амплитуды. Методом последовательных приближений рассмотрено распространение продольной и поперечной волн в среде, обладающей как магнитоупругой нелинейностью вида (1), так и обычной нелинейностью упругих свойств. Показано, что в продольной волне возникает вторая гармоника, нарастающая с расстоянием, причем нелинейный параметр является функцией постоянной намагниченности M_0 , приложенной к образцу вдоль направления распространения звука. Он равен

$$(3) \quad \Gamma \approx \Gamma_{ак} + AM_0^2,$$

где $\Gamma_{ак}$ — нелинейный параметр, полученный при учете только упругой нелинейности, A — комбинация упругих и магнитоупругих констант. Оценки показывают, что при практически достижимых значениях M_0 величина нелинейного параметра может быть сделана на порядок больше, чем $\Gamma_{ак}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Н. Андреев. О некоторых величинах второго порядка в акустике. Акуст. ж., 1955, 1, 1, 3—10.
2. А. Л. Полякова. Нелинейные явления в магнитоотриционных излучателях звука. Акуст. ж., 1975, 21, 4, 605—611.

Акустический институт
Академии наук СССР

Е. В. Романенко. Акустика и гидродинамика некоторых морских животных. Около 15 лет назад по инициативе акад. Н. Н. Андреева в нашей стране были значительно активизированы экспериментальные исследования в области акустики и гидродинамики рыб и дельфинов. Николай Николаевич проявлял исключительный интерес к живой природе и одним из первых увидел в ней богатейшие резервы совершенствования техники. Работы, начатые Н. Н. Андреевым, продолжают и развиваются.

Один из наиболее интересных вопросов биоакустики — эхо-локационная способность дельфинов — интенсивно исследуется во многих странах. В последние годы получено много интересных результатов благодаря применению новой оригинальной методики автономных исследований [1, 2], основанной на том, что миниатюрные звукочувствительные приборы (гидрофоны) закрепляются непосредственно на самом дельфине в области расположения его эхо-локационного аппарата. При этом регистрация полезной информации осуществляется либо с помощью проводной связи между гидрофонами, помещенными на дельфине, и регистрирующей аппаратурой, расположенной на берегу, как это сделано в работе [1], либо с помощью миниатюрных и широкополосных магнитофонов, закрепляемых непосредственно на дельфине [2, 3]. В последнем случае дельфин имел возможность свободно плавать в акватории, выполняя эхо-локационные задачи, которые перед ним ставил экспериментатор. В некоторых случаях, например при исследовании помехозащитности эхо-локационной системы дельфина, на дельфине закрепляли целый комплекс автономных приборов, включающий, помимо трехканального магнитофона, еще и генератор шума с двумя режимами работы (широкополосным до 100 кГц и полосовым с полосой 20—40 кГц), а также два излучателя шума и два радиоприемника для дистанционного управления аппаратурой. Необходимо отметить, что автономный трехканальный магнитофон регистрировал сигналы трех миниатюрных гидрофонов с размерами чувствительного элемента 2—3 мм в полосе частот 100 гц—120 кГц.

Применение такой методики позволило обнаружить ряд важных фактов. Так, установлено, что механизм излучения дельфином высокочастотных эхо-локационных импульсов имеет нерезонансный характер, что опровергает высказанную Лилли много лет назад и считавшуюся до последнего времени вполне достоверной гипотезу о резонансном механизме излучения. Обнаружены излучаемые дельфином неизвестные ранее весьма низкочастотные (с основной частотой 300—400 гц) импульсы; механизм излучения этих импульсов — слабо резонансный. Установлено, что длительность эхо-локационных импульсов, излучаемых дельфином в разных направлениях, неодинакова. Импульсы, излучаемые вперед, приблизительно вдвое длиннее импульсов, излучаемых в боковых направлениях. Последние могут, по-видимому, считаться элементарными, непосредственно излучаемыми, а импульсы, распространяющиеся вперед, — сформированными из элементарных с помощью лобной и надчелюстной костей черепа и мягких тканей головы. Зарегистрированы звуки внутри дыхательной системы дельфина у входа в хааны ниже внутренней мускульной пробки. Эти звуки имеют характер аэродинамического свиста, совпадают по времени с эхо-локацией, но снаружи не слышны. По-видимому, они могут быть квалифицированы как «технологические шумы», сопровождающие процесс излучения эхо-локационных импульсов. Наличие этих звуков подтверждает пневматическую гипотезу

механизма излучения эхо-локационных импульсов. Расположение двух излучателей широкополосного шума с уровнем около 120 дБ в различных точках на голове дельфина (излучателями служили сферы из керамики ЦТС диаметром 30 мм) позволило установить, что наиболее четкая реакция дельфина на включение шума как двигательная, так и акустическая наблюдается в том случае, когда излучатели установлены в области наружных слуховых проходов. Закрепление излучателей на лобной подушке и нижней челюсти практически никакой реакции не вызывает. Это позволяет предположить, что звук проникает к внутреннему уху дельфина главным образом через область наружных слуховых проходов. Способы приема звука у дельфина, предполагаемые гипотезами Дреера, Норриса и Резникова [4-6], представляются менее вероятными.

Долгое время у исследователей вызывает недоумение тот факт, что дельфины, имея высоко чувствительную слуховую систему, с пороговой интенсивностью около 10^{-17} вт/см², в то же время способны излучать весьма интенсивные эхо-локационные импульсы, порядка 10^{-3} - 10^{-4} вт/см², и эти импульсы не нарушают работы слуховой системы. Механизмов блокирования слуховой системы от собственных интенсивных импульсов у дельфина может быть несколько. Один из таких механизмов обнаружен путем измерения величины эхо-локационных импульсов одновременно в области эхо-локатора дельфина, т. е. на лобной подушке вблизи роострума, и в области наружного слухового прохода. Оказалось, что собственные импульсы дельфина приходят к области слухового прохода ослабленными на 3-4 порядка по интенсивности. Объясняется это экранирующим действием черепа и надчерепных воздухоносных путей.

Применение метода исследования с помощью автономных измерительных и регистрирующих приборов позволило также изучить некоторые гидродинамические особенности движения дельфинов и ластоногих. При этом, помимо автономных магнитофонов, применялась радиотелеметрическая техника. Свойства дельфинов, оцениваемые с точки зрения гидродинамики, давно привлекают внимание ученых. Оценка английского зоолога Грея [7] показывает, что запасы мускульной энергии дельфина в 7-8 раз меньше, чем нужно для того, чтобы дельфин был способен двигаться с той скоростью, с которой он плавает, если только не предполагать ламинарного характера обтекания при сверхкритических числах Рейнольдса (так называемый парадокс Грея). Однако существует мнение, что Грей ошибся в оценке мускульной энергии дельфина. Разрешить спор могут только экспериментальные исследования характера обтекания, что и было проделано с помощью специально сконструированных приемников пульсаций давления, закрепляемых в пограничном слое дельфина, и автономной радиотелеметрической аппаратуры [8]. Измерения показали, что при сверхкритических числах Рейнольдса пограничный слой активно плывущего дельфина заметно турбулизирован, однако он не в полной степени турбулентный. При движении же дельфина по инерции пограничный слой полностью турбулизирован. Отмеченный факт неполной турбулизации (или частичной ламинаризации) пограничного слоя дельфина при активном движении может быть объяснен благотворным влиянием отрицательного градиента давления вдоль тела дельфина, который был обнаружен экспериментально.

Волосной покров ластоногих существенно влияет на характер обтекания. Исследования жесткой полуцилиндрической модели, оклеенной шкурой байкальского тюленя, показали, что при скоростях обтекания до 10 м/сек сопротивление такой модели меньше, чем неоклеенной. Пограничный слой на шкуре при сверхкритических числах Рейнольдса турбулизирован и вдвое толще, чем на неоклеенной поверхности жесткого тела.

ЛИТЕРАТУРА

1. K. J. Diercke, R. T. Trochta, C. F. Greenlaw, W. E. Evans. Recording and analysis of dolphin echolocation signals. J. Acoust. Soc. America, 1971, 49, 6, 1, 1729-1732.
2. Е. В. Романенко. Ближнее акустическое поле дельфина афалины. Тезисы V Всес. совещ. по биологии морских млекопитающих. Махачкала, 1972, ч. 2, 200-202.
3. Е. В. Романенко. Физические основы биоакустики. М., «Наука», 1974.
4. J. J. Dreher. Acoustic holography of Cetacean echo-location. Acoustical holography, I, L. Lamore (Ed.) N. Y., Plenum Press, 1969, 127-137.
5. K. S. Norris. The evolution of acoustic mechanisms in Odontocete Cetaceans. Evolution and environment. E. T. Drake (Ed.), New Haven - London, Yale Univ. Press, 1968, 297-324.
6. А. Е. Резников. О звуковидении у дельфинов. Тезисы докл. XXIII науч.-техн. конф. Ленингр. ин-та авиац. приборостроения. 1970, 67-68.
7. J. Gray. Studies in animal locomotion. VI The propulsive powers of the dolphin. J. Exper. Biol., 1936, 13, 2, 192-199.
8. Е. В. Романенко. О гидродинамике рыб и дельфинов. Сб. Морское приборостроение, сер. Акустика, 1972, вып. 1.

Институт эволюционной морфологии
и экологии животных им. А. Н. Северцова
Академии наук СССР