

ОТЗЫВ

научного консультанта доктора физико-математических наук,
профессора кафедры физики федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный морской технический
университет» (СПбГМТУ)
Клещева Александра Александровича
на диссертационную работу Ильменкова Сергея Львовича
«Разработка и развитие методов определения гидроакустических характеристик моделей
подводных аппаратов»,
представленную на соискание учёной степени доктора технических наук
по специальности 1.3.7 Акустика, технические науки

Диссертационная работа Ильменкова С.Л. связана с дальнейшим развитием методов исследования влияния параметров корпусов подводных аппаратов на их гидроакустические характеристики. Теоретической основой таких методов является решение задач дифракции, излучения и распространения звуковых волн в упругих средах и телах.

В рамках строгого подхода в связи с математическими и вычислительными трудностями получение числовых результатов решений таких задач возможно лишь для тел с канонической формой поверхности (бесконечные цилиндры, сферы, сфероиды и т.д.) и в ограниченном диапазоне волновых размеров. Несмотря на ценность строгих аналитических решений, число точно решаемых задач весьма ограничено.

Развитие вычислительной техники и программного обеспечения в последние десятилетия позволило реализовать целый ряд приближенных и численных методов решения подобных граничных задач для объектов по форме и физическим параметрам достаточно близких к реальным. Среди приближенных наиболее универсальными являются методы, основанные на сведении таких задач к интегральным или интегро-дифференциальным уравнениям с использованием принципа Гюйгенса и интегральной формулы Кирхгофа, методы интегральных уравнений, Т-матриц. Весьма перспективным представляется и совершенствование численных методов для объектов с произвольной формой поверхности: конечных и граничных элементов и др. При этом результаты, полученные точными методами для объектов с канонической формой поверхности, могут служить тестовыми при оценке возможностей приближенных и численных решений для аналогичных тел.

В данной диссертационной работе получили дальнейшее развитие несколько из перечисленных групп методов, разработаны расчетные алгоритмы и программное обеспечение, выполнены расчеты и анализ результатов.

Основными результатами работы, представляющими научную ценность, можно считать следующие:

- 1) получены результаты решения задачи отражения стационарного и импульсного звуковых сигналов от многослойной упругой цилиндрической оболочки; вычислены и проанализированы характеристики рассеяния при различных комбинациях упругих и вязкоупругих слоев;

- 2) с использованием принципа взаимности получены решения трехмерных задач излучения звука изотропными телами сфероидальной и цилиндрической форм под действием точечных источников на их поверхности, имитирующих турбулентные пульсации потока жидкости;
- 3) выполнен численный анализ погрешности применения функций Грина для тел неканонической формы в зависимости от волнового размера, вида граничного условия и положения точки наблюдения;
- 4) предложен метод решения граничных задач для упругих тел неканонической формы с помощью функций Грина; вычислены угловые характеристики рассеяния при различных волновых размерах тел;
- 5) предложен метод определения дальнего поля для тел произвольной формы, находящихся в ограниченной водной среде, исследовано влияние параметров границ среды на диаграммы направленности при различных дистанциях и волновых размерах тел;
- 6) разработан численный метод решения граничных задач для изотропных объектов произвольной формы с использованием граничных элементов; исследовано влияние параметров таких объектов на характеристики рассеяния стационарного и импульсного сигналов;
- 7) разработаны математические модели для численной оценки влияния различных типов насадки движителя модели подводного аппарата и формы его оконечности на характер шумоизлучения;
- 8) выполнен расчетный анализ влияния внешней и внутренней жидких сред на фазовые скорости трехмерных изгибных волн в изотропных цилиндрических оболочках; получены частотные зависимости осесимметричных продольных, изгибных и крутильных волн.

При выполнении работы применялся в первую очередь теоретический метод исследования, опирающийся на методы динамической теории упругости и разделения переменных. Для исследования характеристик объектов неканонической формы использовались приближенные и численные методы. Во всех случаях на основе разработанных автором алгоритмов и программного обеспечения выполнялись расчеты на ЭЦВМ.

Достоверность полученных автором теоретических и численных результатов подтверждается экспериментальными данными, полученными как в гидроакустическом бассейне, так и в морских условиях. Результаты расчетов фазовых скоростей упругих волн и характеристик рассеяния для идеальных и упругих объектов различных форм физически обоснованы и согласуются с результатами других авторов.

Несомненна и практическая значимость работы, результаты которой могут быть использованы для:

- 1) для оценки влияния параметров корпусов подводных аппаратов на характеристики излучения и рассеяния ими стационарного и импульсного звуковых сигналов;
- 2) при обнаружении гидроакустическими средствами объектов в водной среде (рыбных скоплений, подводных аппаратов и сооружений и т.п.);
- 3) разработки методов снижения уровней турбулентных пульсаций давления в упругих трубопроводах;

- 4) при разработке и испытаниях гидроакустической аппаратуры, находящейся в ограниченной водной среде;
- 5) для гидроакустического мониторинга акваторий портов и других объектов морской инфраструктуры;

Соискатель имеет 59 научных работ, из которых: 2 монографии, 11 статей в изданиях, определенных Перечнями ВАК, 7 статей в изданиях, включенных в Scopus и Web of Science, 8 свидетельств о Государственной регистрации программ для ЭВМ, 14 статей в трудах Международных, Всесоюзных и Всероссийских конференций, 17 работ в других изданиях. Опубликованные работы достаточно полно отражают содержащиеся в диссертации научные результаты и возможности их практического применения.

Материалы диссертационной работы используются в учебном процессе СПбГМТУ при проведении занятий по дисциплинам: «Дифракция звука», «Физика морской среды», «Волновые процессы в твёрдом теле», «Акустическое проектирование объектов морской техники», а также при подготовке обучающимися выпускных квалификационных работ и кандидатских диссертаций. Результаты диссертационного исследования внедрялись в период 2011-2017 г.г. при выполнении научно-исследовательских работ (НИР) в ФГУП «Крыловский Государственный научный центр» и в СПбГМТУ. Результаты внедрения подтверждены соответствующими актами.

В целом, диссертация Ильменкова С.Л. представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой: разработаны и усовершенствованы методы решения граничных задач для идеальных и упругих объектов; проанализировано влияние физических параметров таких объектов на их первичное и вторичное акустические поля; предложен метод проведения экспериментальных исследований акустических характеристик крупномасштабных тел в условиях волновода, получены и исследованы частотные зависимости фазовых скоростей упругих волн в изотропных оболочках, контактирующих с жидкостью.

Работа отвечает требованиям ВАК РФ, предъявляемым к докторским диссертациям, соответствует специальности 1.3.7 Акустика, технические науки, а ее автор, Ильменков С.Л., заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук.

Профессор кафедры физики СПбГМТУ,
д.ф.-м.н., профессор

Клепчев А.А.

« 02 » сентября 2021 г.

