

**РЕЦЕНЗИЯ НА КНИГУ О.Ф. ШЛЕНСКОГО,
С.И. АНТОНОВА, К.В. ХИЩЕНКО
“АКУСТИКА ВЫСОКИХ ЧАСТОТ И БОЛЬШИХ ЧИСЕЛ МАХА”**

DOI: 10.31857/S0040364422020168

Книга О.Ф. Шленского, С.И. Антонова, К.В. Хищенко “Акустика высоких частот и больших чисел Маха” содержит предисловие, заключение, 20 глав и 15 приложений.

В предисловии указана основная задача книги: “моделирование звуковых волн без упрощений и допущений, некоторые из которых [авторы] сочли ошибочными”. Авторы пишут, что в книге “приведены принципиально новые доказательства невозможности моделирования бегущей звуковой волны однородным дифференциальным уравнением второго порядка”. Авторы считают, что “развитие техники гиперзвуковых полетов, изучение термоядерной детонации, лазерных технологий поставило перед акустиками проблему моделирования бегущих волн с [огромными] скоростями и энергиями”. Особое внимание авторы уделяют “эффекту повышения жесткости и анизотропии воздуха, возникающих при сверх- и гиперзвуковых полетах летательных аппаратов”.

Отдельные главы посвящены способам описания бегущей и стоячей звуковых волн, различным источникам звука (мембрана, раструб патефона, духовые музыкальные инструменты, голоса певцов, движение крыльев насекомых, возбуждение звука воздушным потоком и т.п.). Рассмотрены вопросы анизотропии плотности газа, ударные волны, представлено моделирование термоядерных детонационных волн.

В заключение сформулированы основные результаты работы.

От книги сложилось двоякое впечатление.

Во-первых, утверждение авторов о невозможности моделирования бегущей звуковой волны однородным дифференциальным уравнением второго порядка ни в коей мере не доказано. Авторы не сочли необходимым компактно представить свои претензии к описанию бегущей звуковой волны однородным дифференциальным уравнением второго порядка, но разбросали их по всей книге.

Несколько примеров. На с. 8 сказано, что вывод дифференциальных уравнений для скорости частиц и звукового давления сделан при допущении постоянства плотности среды, “что лишает уравнения физического смысла”. Пренебрежение “отличием фактической плотности от невоз-

мущенного значения [плотности]” действительно используется при линеаризации уравнений движения частиц среды (см., например, [1]). При этом в [1] обсуждаются границы применения подобного упрощения. Как мне представляется, при любых допущениях критерием правомерности модельного представления является его соответствие экспериментальным результатам. Такого сравнения, когда авторы указывают, в каких случаях использование в волновом уравнении плотности невозмущенной среды становится недопустимым, в книге нет. Авторы указывают на отсутствие физического смысла, но этот критерий непонятен и, на мой взгляд, субъективен. Например, при описании геометрической оптики практически не используется понятие длины волны – это лишает данный раздел оптики физического смысла? Другой пример: в электрокардиографии, моделируя работу сердца электрическим диполем, В. Эйнтовен (получивший за свои исследования Нобелевскую премию по медицине) предположил, что организм человека является однородной токопроводящей средой, что очевидно не так. Что же, электрокардиография лишена физического смысла? Еще один пример: закон Рэлея–Джинса, описывающий тепловое излучение, выведенный исходя из равномерного распределения энергии по степеням свободы, согласуется с экспериментальными данными в низкочастотной части спектра и приводит к абсурдному результату на высоких частотах. Этот закон тоже лишен физического смысла и с его помощью нельзя моделировать тепловое излучение на низких частотах?

На с. 19 сказано, что “волновые уравнения и их решения без учета импульса силы, получаемого от генератора звука, ... не описывают бегущей звуковой волны”. В волновых уравнениях генератор обычно представляется как граничное условие. Что же имели в виду авторы: что при нулевых начальных и граничных условиях волны не будет? Это очевидно. Что использование для задания генератора граничных условий не создаст бегущей волны? Понятно, что это не так.

На с. 116 приведено решение однородного волнового уравнения при нулевых начальных условиях и граничном условии, заданном в виде гар-

монической функции. Авторы обращают внимание на то, что интегральный за период импульс равен нулю, и делают вывод о том, что “энергия волны нулевая ... она [волна] является не звуковой (т.е. не бегущей – *прим. рец.*), а стоячей волной без транспорта энергии звука”. Воспользуюсь материалами учебного пособия [2], где рассмотрен аналогичный пример, описывающий продольную акустическую волну, генерируемую поршнем: “если ... поршень вернулся в исходное положение, то суммарный импульс равен нулю”. При этом из равенства нулю импульса за период никак не следует невозможность существования бегущей волны и “транспорта энергии”.

Авторы, описывая использование однородных волновых уравнений в акустике, приводят сравнения с героем книги Р.Э. Распе “Приключения барона Мюнхаузена” (например, с. 39). Для меня подобная аргументация говорит о слабости доказательной базы авторов.

У меня нет оснований сомневаться в компетенции уважаемых авторов. Представляется, что авторы стали жертвами ситуации, описанной во введении учебного пособия [3], автор которого указывал, что его учебное пособие “способствует созданию “акустической интуиции”, ... далеко не совпадающей, а зачастую даже противоречащей “механической интуиции”, укоренившейся в нас ... в результате изучения механики материальных тел”.

Таким образом, утверждение авторов о невозможности моделирования бегущей звуковой волны однородным дифференциальным уравнением второго порядка не представляет научного интереса.

Отмечу положительные моменты в книге.

На с. 32 авторы вводят источник непосредственного в волновое уравнение. Мне представля-

ется, что данный подход можно использовать для описания теплового акустического излучения, причиной которого является хаотическое тепловое движение атомов среды [4]. Тогда мощность источника должна определяться температурой среды.

Также подобный подход может быть эффективен для описания распространения акустических солитонов по нервному волокну. Общепринятая точка зрения описывает передачу информации по нервному волокну как распространение электрического импульса, однако в настоящее время проводятся исследования, в которых рассматривается возможность передачи информации с помощью акустических волн [5].

Повторюсь, в книге рассмотрены вопросы анизотропии плотности газа, ударные волны, представлено моделирование термоядерных детонационных волн. Не являясь специалистом в данных вопросах, я не могу качественно отрецензировать эти разделы книги.

Зав. каф. медицинской и биологической физики
Первого МГМУ им. И.М. Сеченова,
проф., д.ф.-м.н. А.А. Аносов

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Исакович М.А.* Общая акустика: учеб. пособие. М.: Наука; Гл. ред. физ.-мат. лит., 1973. С. 37.
2. *Исакович М.А.* Общая акустика: учеб. пособие. М.: Наука; Гл. ред. физ.-мат. лит., 1973. С. 65.
3. *Исакович М.А.* Общая акустика: учеб. пособие. М.: Наука; Гл. ред. физ.-мат. лит., 1973. С. 7.
4. *Varabanenkov Y.N., Passechnick V.I.* Fluctuation Theory of Thermal Acoustic Radiation // The Journal of the Acoustical Society of America. 1966. V. 99(1). P. 65.
5. *Heimburg T., Jackson A.D.* On Soliton Propagation in Biomembranes and Nerves // Proc. National Academy of Sciences. 2005. V. 102(28). P. 9790.