

Кудашев Е.Б. Конкурс работ сотрудников ИКИ РАН 2016 г.

Цикл работ: Исследование гидродинамической турбулентности

1. Kudashev E., Kolyshnitsyn V., and Marshov V. Turbulent flow noise: Experiment in deep sea. - Принята к печати: The Proceedings of the Conference «Turbulence and wave processes», dedicated to the centenary of Mikhail D. Millionshchikov. The Volume of the Conference Proceedings will be published in the Journal of Physics: Conference Series (JPCS), by IOPscience, UK. <http://iopscience.iop.org/>
2. Кудашев Е.Б. Турбулентные спектры и шумы обтекания в турбулентном пограничном слое // «Акустика океана». Доклады XV Школы-семинара им. акад. Л.М. Бреховских. С. 329-334. - Российская академия наук, Институт Океанологии им. П.П. Ширшова. М.: ГЕОС, 2016. <http://www.ocean.ru/content/view/2203/133/>

Аннотация.

Статистическая теория турбулентных течений жидкости является исходным фундаментом описания процессов генерации акустических волн. Порождение звука турбулентностью считается одной из наиболее трудных проблем современной геофизической гидродинамики, объектами которой являются природные течения жидкостей и газов. Теория генерации акустических волн турбулентными потоками была развита Лайтхиллом в пятидесятых годах прошлого века. Академик Д.И. Блохинцев ввел в обращение термин «псевдозвук» для обозначения давлений гидродинамической природы. Псевдозвуковые пульсации давления, возникающие в пограничном слое и локализованные внутри турбулентного потока, представляют значительный интерес, так как интенсивность псевдозвуковых давлений внутри турбулентного пограничного слоя и на самой обтекаемой поверхности на много порядков больше, чем звуковых. Материалы настоящего исследования являются новыми, впервые проведены экспериментальные исследования турбулентных спектров в пограничном слое при числах Рейнольдса выше 10^8 . Развита физико-математические модели пространственно-временной структуры полей турбулентных пульсаций давления. Проведен анализ спектров турбулентных пульсаций давления, разработано двухпараметрическое представление спектра мощности. В глубоком море на всплывающем устройстве выполнены экспериментальные исследования пространственно-временной структуры турбулентных пульсаций давления на поверхности тел, обтекаемых потоком, и создаваемых этими пульсациями шумов обтекания. Результаты эксперимента, выполненного в рамках конкурса РФФИ-Абхазия, подтвердили, что использование двухпараметрической модели оказывает существенное влияние на разрешающую способность приемника звука в области высоких частот и обеспечивает корректный пересчет экспериментальных данных в неискаженные значения турбулентных спектров.

Проблема разрешающей способности регистрации турбулентных давлений связана с искажающим влиянием приемника давления из-за осреднения мелкомасштабных турбулентных пульсаций апертурой приемника. Размеры чувствительной поверхности приемного элемента должны быть много меньше самых мелкомасштабных компонент поля турбулентных давлений. Если это условие не выполняется, то в эксперименте возникают искажения турбулентных спектров. В силу этого эффекта экспериментальные

исследования турбулентных пульсаций давления необходимо проводить миниатюрными приемниками давления. Однако, добиваясь повышения разрешающей способности и применяя с этой целью акустические преобразователи с минимально возможной приемной поверхностью, экспериментатор попадает в условия вынужденного ухудшения разрешающей способности за счет уменьшения чувствительности к пульсациям давления у миниатюрных приемников и, как следствие этого, оказывается в области малых уровней сигналов, генерируемых датчиками турбулентных пульсаций давления. В этих условиях чрезвычайно важно определить влияние многообразных посторонних физических полей на регистрацию турбулентных спектров.

В работе исследовано влияние турбулентных пульсаций температуры на регистрацию пульсаций давления. Рассмотрено формирование температурного сигнала на основе методов теории пространственной фильтрации поля турбулентных пульсаций давления приемником конечных размеров. Показано, что пульсации температуры турбулентной среды могут оказывать определяющее воздействие на формирование сигнала приемника турбулентных давлений. Исследовано искажение спектров шумов обтекания применительно к экспериментам на всплывающем устройстве. Всплывающее устройство создано для измерения шумов обтекания при высоких значениях числа Рейнольдса набегающего потока - более 10^8 . При движении тела в жидкости с переменной вдоль траектории температурой, датчик пульсаций давления, установленный на обтекаемой поверхности, воспринимает температурные пульсации. При вертикальном всплытии устройства определена связь между спектральной плотностью пристеночных пульсаций температуры и спектром градиентов температуры вдоль траектории всплытия. Получен спектр температурного сигнала, генерируемого пьезоэлектрическим приемником при воздействии пульсаций температуры. Выполнено моделирование вклада температурной неоднородности среды в шумы обтекания, регистрируемые приемником турбулентных пульсаций давления.

Полученные результаты являются актуальными для исследования турбулентности - фундаментального раздела механики жидкости и газа, имеющего важнейшее значение для различных областей аэрогидродинамики. Рассмотрен широкий круг задач, связанных с изучением фундаментальных свойств полей турбулентных пульсаций и прикладных вопросов экспериментального исследования турбулентных пульсаций давления в пограничном слое и эффектов их воздействия на формирование шума. Проблемы динамики пристеночной турбулентности изучены на основе новых методов экспериментальных исследований турбулентных пульсаций в турбулентном пограничном слое. Результаты проведенных исследований турбулентности при высоких числах Рейнольдса (выше 10^8) представляют особый интерес в задачах управления и прогноза шумом турбулентных потоков, для расчетов возбуждаемых потоком вибраций и генерируемого вибрациями последующего акустического излучения обтекаемых конструкций. Проведенные исследования позволили получить новые знания в области исследования турбулентных источников шумов обтекания и разрешающей способности регистрации турбулентных пульсаций давления. На основании полученных новых экспериментальных данных разработаны физико-математические модели представления турбулентных спектров под однородным турбулентным пограничным слоем на гладкой плоской поверхности, обтекаемой безградиентным потоком.