**Содержание**

1. Введение

2. Акустика движущихся сред

2.1Основные положения акустики движущихся сред

2.2 Краткая история акустики движущихся сред

2.3 Ученые, которые повлияли на развитие акустики движущихся сред

2.4 Применение акустики движущихся сред

3.Эффект Доплера

3.1 Основные положения эффект Доплера

3.2 Доплер Христиан

3.3 Применение эффекта Доплера

4.Заключение

5. Список использованной литературы

**1.Введение**

«Движение и звук» подразумевает движение среды, приёмников звука, источника звуковых колебаний, либо границы, либо их вариации. Так как обычно не требуется рассмотрение перемещений среды, источника либо границы, то разобьем их рассмотрение на разделы. Рассмотрим движение среды или источников и приёмников звука отдельно под названием «Акустика движущихся сред», а перемещение приёмника, источника, границы отдельно под названием «Эффект Доплера».

Акустика движущихся сред - раздел акустики, в котором изучаются звуковые явления при движении среды или источников и приёмников звука.

Акустика движущихся сред касается очень многих разделов акустики, таких как аэроакустика, акустические течения, аэродинамика, гидролокация и аэролокация, а также частично эффект Доплера.

Эффект Доплера — зависимость наблюдаемой частоты периодического колебания от любого изменения расстояния между источником колебаний и наблюдателем.

В 1842 Доплер теоретически обосновал зависимость частоты колебаний, воспринимаемых наблюдателем, от скорости и направления движения источника волн и наблюдателя относительно друг друга. Это явление впоследствии было названо его именем (эффект Доплера). Так как о его биографии известно очень мало, историю изобретения эффект Доплера опустим. Стоит отметить, что на развития данного направления никто так сильно не повлиял как Доплер, поэтому биографию остальных учёных опустим.

**2. Акустика движущихся сред**

**2.1. Основные положения акустики движущихся сред**

Движение среды влияет на характер распространения звуковых волн, их излучение и приём. В движущейся среде скорость распространения волнового фронта равна v=c+vn , где с - скорость звука в неподвижной среде, vn - проекция скорости движения среды на нормаль к фронту. В простейшем случае движения среды как целого волновые фронты точечного источника представляют собой расширяющиеся со скоростью звука сферы, центры которых перемещаются со скоростью среды. При регулярном течения среды возникает акустическое течение.

Акустические Течения(акустический, или звуковой, ветер) — регулярные течения среды, возникающие в интенсивном звуковом поле. Акустические течения возникают как в свободном неоднородном звуковом поле, так и вблизи различного рода препятствий. Акустические течения всегда имеют вихревой характер, их скорость возрастает с увеличением интенсивности звука, но обычно не превосходит величины колебательной скорости частицв звуковой волне. Одно из первых описаний акустические течения дано Рэлеем, заметившим, что если перед резонатором Гельмгольца поместить звучащий камертон, то у противоположного конца резонатора можно обнаружить ветер значительной силы, способный задуть пламя свечи.

Причина возникновения акустического течения обусловлена законом сохранения количества движения и обычно заключается в том, что переносимое звуковой волной количество движения, связанное с колебаниями частиц среды, при поглощении волны передаётся среде, вызывая её регулярное движение. Поэтому скорость акустического течения пропорциональна коэффициента поглощения звука и его интенсивности[10].

Диаграмма направленности неподвижного направленного источника в движущейся с дозвуковой скоростью среде вытягивается в направлении, противоположном движению. При движении среды со сверхзвуковой скоростью звук распространяется внутри т. н. Маха конуса - конуса с вершиной в источнике звука. Вне этого конуса звук отсутствует, а внутри него через любую фиксированную точку наблюдения проходят два волновых фронта.

В соответствии с этим наблюдатель, расположенный внутри конуса Маха, слышит звук, приходящий с двух разл. направлений. При движении источника в неподвижной среде к эффектам, указанным выше, добавляется Доплера эффект. Пространственно-неоднородные течения в среде вызывают рефракцию звука. Так, напр., в приземном слое атмосферы скорость ветра возрастает с высотой, поэтому при распространении звука против ветра звуковые лучи изгибаются вверх, а при распространении по ветру - вниз. Этим объясняется лучшая слышимость для стоящего на земле наблюдателя с наветренной стороны и худшая - с подветренной по сравнению со слышимостью в безветрие. Турбулентное движение среды вызывает рассеяние проходящих через неё звуковых волн на неоднородностях скорости и флуктуации их амплитуд и фаз[12].

При взаимодействии с вихревыми течениями, образующимися при отрывном обтекании твёрдых тел, звук может поглощаться или усиливаться. Например: струя, вытекающая из отверстия в перегородке, эффективно поглощает звук. Струя, обдувающая отверстие по касательной, при определенных соотношениях между скоростью струи, размерами отверстия и частотой звука может усиливать звук. Этим объясняется, в частности, процесс генерации звука в духовых музыкальных инструментах типа флейты. Усиление звука возможно и в свободном пространстве - при отражении от границы между покоящейся средой и средой, движущейся со сверхзвуковой скоростью (например, от границы сверхзвуковой струи).

Нестационарные течения среды вызывают генерацию звука. Периодичный срыв вихрей за плохо обтекаемым телом порождает вихревой звук. При натекании струи на препятствие может возникнуть т. н. клиновый тон, это явление используется в газоструйных излучателях. Интенсивный звук генерируется высокоскоростными турбулентными течениями. Напр., интенсивность звука ,порождаемого реактивной струёй стартовой ступени ракеты, достигает 150 дБ на расстоянии 100 м. Прикладные проблемы акустического движения среды, связанные с аэродинамичной генерацией звука в высокоскоростных потоках, составляют предмет аэроакустики.

Аэроакустика - раздел физики, находящийся на стыке аэродинамики и акустики, в котором изучаются проблемы аэродинамичные генерации звука, акустики движущихся газовых потоков, взаимодействия звука с потоком и методы снижения аэрошумов. А в основном имеет дело со звуком, создаваемым аэродинамичними силами и возмущениями, которые возникают в самом потоке, а не приложенными извне силами или колебаниями, как в классической акустике.

Основные уравнения акустического движения среды получают посредством линеаризации общих уравнений гидродинамики. При исследовании процессов распространения и рассеяния звука нелинейные компоненты уравнений отбрасываются, а при исследовании процессов генерации звука они рассматриваются в качестве источников звука. Параметры этих источников при современном состоянии теории турбулентности, как правило, не могут быть найдены теоретически, поэтому для оценок интенсивности и спектрального состава звука используют различные модели турбулентного движения[13,15].

**2.2 Краткая история акустики движущихся сред**

В науке сформировалось новое самостоятельное направление, получавшее название аэроакустики. Зародившаяся на стыке двух наук — аэродинамики и классической акустики, она связана с проблемами акустики движущейся газовой среды, с вопросами аэродинамической генерации звука, подход к которым в трудах классиков естествознания — Гельмгольца, Кирхгофа и Рэлея — был только помечен.

Развитие Акустика в 1-й половине 20 в. получило мощный импульс в связи с запросами военной техники. Задача определения положения и скорости самолёта (звуковая локация в воздухе), подводной лодки (гидролокация), определение места, времени и характера взрыва, глушение шумов самолёта - все эти проблемы требовали более глубокого изучения механизма образования и поглощения звука, распространения звуковых (в частности, ультразвуковых) волн в сложных условиях. Проблемы генерации звука стали предметом обширных исследований и в связи с развитием общей теории колебаний, охватывающей воедино механические, электрические и электромеханические колебательные процессы. В 20-х и 30-х гг. много работ было посвящено теории автоколебаний - самоподдерживающихся колебаний системы, связанной с постоянным источником энергии; большой вклад в разработку этой теории внесла советская школа физиков, возглавлявшаяся Л. И. Мандельштамом и Н. Д. Папалекси [2,11].

Возросшее внимание к этим вопросам, помимо внутренней логики развития науки, обусловлено потребностью в создании необходимой научной основы решения важной для здоровья всех людей проблемы — борьбы с шумом. Беспрецедентное развитие транспорта в последние десятилетия, и в первую очередь авиации с ее мощными силовыми установками, сопровождается постоянным ростом зашумленности окружающей среды, особенно в городах и районах, прилегающих к аэропортам. Проблема снижения шума сейчас стала частью общечеловеческой программы борьбы за чистоту окружающей среды.

Разработка практических методов снижения шум» в авиации потребовала тщательного наущения аэродинамической генерации звука и распространения аэрошумов. На этом пути были достигнуты значительные успехи, которые отражены в большом числе научных публикаций. Часть результатов изложена к ряде обзоров и монографий, например: М. Е. Goldstein, «Aeroacoustics» (New York, 1976); Мунин А. Г., Кузнецов В. М., Леонтьев К. Л., «Аэродинамические источники шума» (Москва, «Машиностроение», 1981) [1].

Впервые теоретические вопросы образования звука при движении потоков жидкости были рассмотрены Дж Рэлеем (1877) Однако практичное применение. А получила позднее, после работ Л Я Гутина о шуме вращения винта (1936), Д И Блохинцева по акустике движущейся среды (1946) и M Д Лайтхилла (M J Lighthill) о шуме турбулентных струй (1952-54). Аэрошумы можно разделить на два класса: образующиеся при смешении частиц среды в потоке и при обтекании потоком твёрдых тел К первому классу можно отнести шум струи, ко второму - шум обтекания проводов (т н эоловы тона), винтов, вентиляторов и т. д.

Необходимо отметить, что Н.Н. Андреев и И.Г. Русаков, Д.И. Блохинцев разработали основы акустики движущихся сред.

**2.3 Ученые, которые повлияли на развитие акустики движущихся сред**

**Блохинцев Дмитрий Иванович**

****

Блохинцев Дмитрий Иванович [р. 29.12.1907 (11.1.1908), Москва], советский физик, член-корреспондент АН СССР (1958), Герой Социалистического Труда (1956). Член КПСС с 1943[3].

Д. И. Блохинцев перед и во время Великой Отечественной войны активно занимался изучением возникновения звука в потоке и распространения звука к атмосфере. Его работы в этой области принесли большую пользу при разработке комплексов для обнаружения вражеских самолетов. Теоретическую часть своей работы Д. И. Блохинцев опубликовал в 1946 г. в книге «Акустика неоднородной движущейся среды». Книга получила широкую известность у нас и за рубежом, она была переведена на английский язык.

В 1944 году построил, исходя из уравнений газогидродинамики, теорию звуковых явлений в движущихся и неоднородных средах, получив уравнения акустики самого общего вида (уравнения Блохинцева), на основе которых вывел ряд акустических законов, объяснил и рассчитал разнообразные акустические явления в движущихся и неоднородных средах (в том числе турбулентных), касающихся, с одной стороны, механизма генерирования шума, а с другой — методов и средств его приема. Сформулировал уравнения геометрической акустики.

В последние годы своей жизни Д. И. Блохинцев возвратился к проблемам аэроакустики и решил переиздать свою книгу с учетом последних достижений в области аэроакустики. К сожалению, неожиданная смерть помешала ему осуществить этот замысел. Учитывая, что книга Д. И. Блохинцева не потеряла своей актуальности и сейчас и выводы ее широко используются специалистами в практической деятельности, было решено, исправив замеченные опечатки, переиздать ее без изменения, как одну из фундаментальных работ в области аэроакустики[1].

**Андреев Николай Николаевич**

****

Андреев Николай Николаевич [р. 16(28).7.1880, с. Курмане Полтавской губернии], советский физик, академии АН СССР (1953; член-корреспондент 1933), создал школу советских акустиков. Окончил Базельский университет в 1909. С 1912 преподавал и вёл научную работу в Московском университете. С 1917 работал в ряде вузов и научно-исследовательских учреждений СССР (с 1940 в физическом институте, с 1954 в Акустическом институте АН СССР).

Труды относятся к физической и технической акустике и теории колебаний, к распространению звуковых волн, дал строгую теорию распределения звука в движущихся средах. Осуществил исследования по теории распространения звука вдоль поглощаемых поверхностей, теории акустических фильтров и звуковых волн конечной амплитуды. Ряд работ связан с изучением спектра затухающих колебаний, с исследованием колебаний кристаллических и анизотропных сред, вопросов реверберации звука и звукоизоляции. Под его руководством в нашей стране были начаты исследования по нелинейной акустике, по распространению звука в слоистых средах, электромеханическим активным материалам. Создал школу в области физической и технической акустики. В 1941—45 под руководством А. проводились работы, положившие начало советской гидроакустике. Автор многих научно-популярных статей и книг. Награжден 3 орденами Ленина и орденом Трудового Красного Знамени[4].

**Стретт Джон Уильям, лорд Рэлей**



Английский физик Джон Уильям Стретт, третий барон Рэлей, родился в Ленгфорд-Гроув, Мелдон (Эссекс), 12 ноября 1842 г. В 1861 г. Стретт поступил в Тринити-колледж в Кембридже, где изучал математику и физику у Э. Дж. Роуса, окончил его с отличием в 1865 г. Год спустя ему предложили стать членом ученого совета Тринити-колледжа. Этот пост он занимал до 1871 г.

В 1868 г. Стретт создал научную лабораторию в своей родовой усадьбе в Терлинг-Плейс, Уитхем (Эссекс), где занялся интересующими его явлениями излучения. В результате этих исследований он опубликовал статьи по акустике и оптике. В 1871 г. он вывел соотношение между интенсивностью рассеяния света очень малыми частицами и длиной его волны (известное как закон рассеяния света Рэлея). Среди проведенных им исследований мы встречаем экспериментальные и теоретические работы по оптическим приборам, в результате которых впервые была определена разрешающая способность дифракционной решетки, а также был сделан фундаментальный анализ оптических свойств спектроскопов. Спектроскоп в конце 1870-х годов становился все более важным прибором при исследованиях солнечного света и излучении атомов и молекул.

В 1879 г. стал профессором экспериментальной физики (пост, учрежденный в 1871 г.) и директором Кавендишской лаборатории (открытой в 1874 г.).В 1892 г. Стретт начал серию измерений плотностей газов в соотношении с их атомными весами. Стретт опубликовал десяток работ по таким вопросам, как интерференция и рассеяние света, телефонная связь, звуковые измерения. В 1900 г. он опубликовал вывод о соотношении между температурой и длиной волны в спектре абсолютно черного тела, основанный на существующих физических законах. В 1904 г. Стретт был награжден Нобелевской премией по физике «за исследования плотностей наиболее распространенных газов и за открытие аргона в ходе этих исследований». (Рамзай получил Нобелевскую премию 1904 г. по химии.)

Стретт опубликовал свыше 400 работ за более чем пятьдесят лет своей исследовательской деятельности. С 1908 г. до самой смерти он был номинальным президентом Кембриджского университета.Умер 30 июня 1919 г. в Терлинг-Плейс.

Кроме Нобелевской премии, Стретт был награжден Королевской медалью (1882), медалью Копли (1899) и медалью Румфорда (1914) Лондонского королевского общества; золотой медалью Маттеучи Итальянской национальной академии наук (1895); медалью Фарадея Британского химического общества (1895); медалью Альберта Королевского общества искусств (1905) и медалью Эллиота Крессона Франклиновского института (1914). Ему было присвоено тринадцать почётных учёных степеней, и он был принят в члены свыше 50 научных обществ[4].

**2.4 Применение акустики движущихся сред**

При перемещении тела на высокой скорости возникает Акустика движущихся сред применяется при создании аэродинамических корпусов для машин, самолётов, космической техники, вертолётов и т. п. для реверберации звука и звукоизоляции. Также она используется для распространения звука в движущейся среде, например в воздухе или воде. Применяется аэродинамическая труба для исследования аэродинамических свойств.

Аэродинамическая труба — это экспериментальная установка, разработанная для изучения эффектов, проявляющихся при обтекании твёрдых тел (самолётов, автомобилей, ракет, мостов, зданий и др.) потоком, а также для экспериментального изучения аэродинамических явлений.

В машиностроении применяются различные бампера, спойлеры, юбки и т.д. для улучшения управления и уменьшения потребления горючего.

В авиа- и космо- строение отличается более высокой скоростью передвижения, чем усложняет задачу строительства. Но есть и другиеотличия в аэродинамике автомобилей и аэродинамике воздушного транспорта. Во-первых, характерная форма дорожного транспорта намного менее обтекаемая в сравнении с воздушным транспортом. Во-вторых, для автомобилей необходимо учитывать влияние дорожного покрытия на потоки воздуха. В-третьих, скорости наземного транспорта намного меньше. В-четвертых, у наземного транспорта меньше степеней свободы, чем у воздушного, и его движение меньше зависит от аэродинамических сил. В-пятых, Наземный транспорт имеет особые ограничения во внешнем виде, связанные с высокими требованиями безопасности. И, наконец, большинство водителей наземного транспорта менее обучены чем пилоты и обычно водят, не стремясь достичь максимальной экономичности.

Используется в гидролокации и аэролокации, так как источник звуковых импульсов находитса в движении.

**3.Эффект Доплера**

**3.1 Основные положения эффект Доплера**

В отличие от эффекта Доплера для электромагнитных волн, обусловленного только относительным движением источника и приёмника, изменения частоты акустич. волны при движении источника и приёмника различны. Этот эффект появляется, если наблюдатель или источник (или они оба) движутся или если излучение от неподвижного источника к неподвижному наблюдателю приходит, отражаясь или рассеиваясь от движущегося объекта. В отличие от эффекта Доплера для электромагнитных волн, обусловленного только относительным движением источника и приёмника, изменения частоты акустич. волны при движении источника и приёмника различны.

Если источник и наблюдатель движутся вдоль одной прямой со скростями соответственно Vs и Vr , то наблюдаемая частота определяется выражением:

$$f\_{r}=\left(c-V\_{r}\right)f\_{s}/(c-V\_{s})$$

где *f*s — частота колебаний источника, с — скорость распространения излучения. Отсюда получаем выражение для доплеровского смещения:

$$f\_{d}=\left(f\_{r}-f\_{s}\right)=\left(\frac{c-V\_{r}}{c-V\_{s}}\right)f\_{s}$$

В ультразвуковой доплеровской локации обычно имеются неподвижный источник (излучатель), неподвижный наблюдатель (приемный преобразователь) и движущийся отражатель (или рассеиватель) ультразвука.

При измерении скорости кровотока ультразвук рассеивается на флуктуациях плотности и сжимаемости, и принятый сигнал можно вычислить как сумму сигналов от всех элементов крови на пути ультразвукового пучка. На рис. 11.1 показан случай одного рассеивателя, движущегося со скоростью V. Доплеровский сдвиг от движущегося отражателя (или рассеивателя) можно вычислить, рассматривая его в системе наблюдателя, движущегося относительно источника (излучателя), а затем в системе источника, движущейся относительно наблюдателя (приемника). Кроме того, поскольку направления распространения падающей и рассеянной волн не совпадают с направлением движения элемента крови, уравнение доплеровского смещения нельзя использовать непосредственно — необходимо заменить Vs и Vr составляющими этих скоростей вдоль направлений приема и излучения. Получаем следующее:

$$f\_{d}=\left(\frac{c-Vcosθ\_{r}}{c+Vcosθ\_{t}}-1\right)f\_{0}$$

где $θ\_{r}$ и $θ\_{t}$— углы между вектором скорости и направлениями излучения и приема; *f0* — частота излучения.



Эффект Доплера при движении источника звука обусловлен изменением длины волны в среде, при движении приёмника — изменением скорости звука в системе координат, связанной с приёмником, а при рассеянии движущимся телом — обоими факторами.

Эффект Доплера можно считать также изменение частоты звука при отражении и прохождении через границу между двумя средами, к-рая движется относительно самих сред, остающихся неподвижными, напр. при прохождении звука через фронт ударной волны в газе (характеристики газа по обе стороны фронта различны) или при распространении звука вдоль частично погружённого в жидкость стержня в процессе изменения уровня жидкости (акустич. свойства погружённой части стержня изменяются под влиянием реакции окружающей жидкости). При нормальном падении волны частоты *f* на движущуюся границу раздела частоты *f1* и *f2* отражённой и прошедшей волн равны:

$$f\_{1}=\left(\frac{1-^{v}/\_{c\_{1}}}{1-^{v}/\_{c\_{2}}}\right)f\_{0}$$

$$f\_{2}=\left(\frac{1-^{v}/\_{c\_{1}}}{1+^{v}/\_{c\_{2}}}\right)f\_{0}$$

где *v* - скорость границы (положительной считается скорость в направлении падения волны), а с1 и с2 — скорости звука в первой и во второй средах. На величине коэффициентов отражения и прохождения движение границы раздела сред не сказывается[6,7].

**3.2** Доплер Христиан

****

Доплер Христиан (30.11 1803-17.03 1853) — австрийский физик, математик и астроном, член Австрийской АН (1848). Родился в Зальцбурге. Окончил Политехнический ин-т в Вене (1825). В 1929-33 - ассистент в Вене, в 1835—47 работал в Праге (с 1841 - профессор), в 1847 - 49 - профессор Горной академии в Хемнице, с 1850 —профессор Венского ун-та и директор первого в мире Физического ин-та при ун-те. организованного по его инициативе.

Физические работы в области оптики и акустики. В 1842 теоретически обосновал зависимость частоты звуковых и световых колебаний, воспринимаемой наблюдателем, от скорости движения наблюдателя и источника колебании (принцип Доплера). Исследования посвящены также аберрации света, теории микроскопа, теории цветов. Позже этот эффект был назван его именем[5].

**3.3 Применение эффект Доплера**

*Виды доплеровских измерителей по назначению:*

Доплеровские измерители используются в различных целях во многих отраслях производства, транспорта, медицины, научных и научно-практических исследований военном деле.

*Бортовые измерители*

Доплеровские измерители скорости и сноса для определения вектора путевой скорости самолёта, вертолёта. В настоящее время в авиации применяются измерители только радиолокационного типа.

Принцип действия ДИСС основан на использовании эффекта Доплера, согласно которому, частота принятого сигнала, отражённого от цели может отличается от частоты излучённого сигнала и разница зависит от соотношения скоростей объектов относительно друг друга. Для измерения скорости измеритель имеет антенную систему с несколькими (3 или 4) остронаправленными лучами диаграммы направленности. Принимаемый по каждому из этих лучей сигнал имеет доплеровскую частоту пропорциональную проекции вектора скорости самолета на этот луч. Для измерения вектора скорости достаточно трех лучей, не лежащих в одной плоскости, но иногда используются четыре луча, что дает некоторую избыточность без заметного усложнения конструкции. Данный метод измерений принципиально требует узконаправленных антенн, которые как правило имеют значительные габариты. Кроме того отклонения углов антенн от номинального значения, например, из-за температурных деформаций, приводит к погрешностям измерений. Кроме того направление прихода максимального отраженного сигнала может отличаться от направления максимума диаграммы направленности, если мощность отраженного сигнала резко падает с уменьшением угла падения луча на землю, что также приводит к методическим ошибкам измерения. Этот эффект отражения, который получил название "зеркального эффекта", особенно часто наблюдается над спокойной поверхностью моря. Поэтому при использовании измерителей скорости применяют переключатель суша-море для внесения соответствующих поправок в результаты измерений[8].

*Медицинские измерители*

Частота ультразвука, принятого от движущегося отражателя (или рассеивателя), отличается от частоты излученного сигнала. Это явление называют эффектом Доплера, а величину изменения частоты, пропорциональную скорости движения отражателя (или рассеивателя), — доплеровским сдвигом. Смешивая излученный и принятый сигналы, получают разностный (доплеровский) сигнал, частота которого равна доплеровскому сдвигу. Для связанных с движением многих физиологических процессов в организме величина этого сдвига находится в диапазоне звуковых частот, что и привело к созданию простых индикаторов скорости, в которых доплеровский сигнал подается на наушники или громкоговорители. Оператор, работающий с таким прибором, может на слух определить наличие перемещения какого-либо отражателя (или рассеивателя) на пути ультразвукового пучка, а при некотором опыте — судить о характере движения. Такие устройства были использованы для определения внутриутробного сердцебиения плода и вибраций стенок сосудов при измерении артериального давления. В обоих случаях эти приборы использовались как своеобразный стетоскоп; при этом регистрировались мощные ультразвуковые сигналы от отражающих структур. Однако наибольший интерес вызывает задача регистрации и измерения параметров кровотока, когда ультразвук рассеивается на форменных элементах крови, хотя для работы со слабыми рассеянными сигналами требуется более сложная аппаратура. Оператор может определить, доступен ли сосуд, находящийся на пути пучка, доплеровскому обследованию, а при наличии опыта может обнаружить высокие доплеровские частоты от ускоренного кровотока в сужении сосуда, а также турбулентность за сужением.

Диагностические возможности ультразвукового измерителя скорости кровотока можно расширить в нескольких направлениях. Его можно применять для визуализации кровотока в сосудах, прикрепив ультразвуковой зонд к координатному устройству, которое позволяет синхронно с зондом перемещать на запоминающем мониторе яркостную отметку. При появлении доплеровского сигнала отметка усиливается и запоминается, причем при стенозе изображение сосуда будет суженным. Если доплеровский сигнал подать на частотный детектор, а с него на регистратор или осциллограф, можно зарегистрировать кривую скорости артериального кровотока. Вид этой кривой зависит от состояния артериального русла и может использоваться для диагностики заболеваний сосудов. Подавая доплеровский сигнал на анализатор спектра, можно получить распределение доплеровских частот, обусловленное тем, что элементы крови движутся внутри сосуда с различными скоростями. Такой способ отображения особенно ценен для обнаружения турбулентности, так как его чувствительность, возможно, выше, чем при прослушивании сигналов малоквалифицированным оператором.

Простейший доплеровский прибор излучает непрерывный немодулированный ультразвук и называется доплеровским прибором непрерывного излучения (ДПНИ). Так как он реагирует на кровоток в любой области пучка (хотя чувствительность и падает с глубиной из-за затухания сигнала), его нельзя использовать для различения сосудов, находящихся на разных глубинах, или для измерения профиля скоростей в одном сосуде. Для решения этих задач необходима информация о глубине, которую получают путем модуляции излучаемого сигнала. Определенное состояние модулированного сигнала жестко связано с моментом излучения, и, выделяя это состояние в рассеянном сигнале, можно определить время его запаздывания и тем самым определить глубину рассеивателя. Обычно используется амплитудная модуляция последовательностью импульсов — такие приборы называют импульсно-доплеровскими локаторами.

Комбинация В-сканера реального времени и импульсно-доплеровского устройства, называемая дуплексным сканером, обычно используется для одновременной визуализации сосуда и регистрации кровотока.

Доплеровские приборы, обладающие разрешением по глубине, могут применяться в устройствах визуализации, которые позволяют формировать изображения, требующие знания о глубине. Они могут использоваться не только для селекции сосудов, залегающих на разных глубинах, но и для построения профиля скоростей, распределения скорости кровотока в поперечном сечении сосуда.

Когда требуется измерение абсолютного значения скорости (а не кривая скорости и не профиль кровотока), возникает следующая проблема. Измеренный доплеровский сдвиг частоты пропорционален не только скорости кровотока, но также и углу между вектором скорости и ультразвуковым пучком, так что знание этого угла необходимо, чтобы вычислить скорость по доплеровскому сдвигу. Для решения этой задачи разработан ряд методов. При этом необходимо каким-либо вспомогательным способом измерять угол или ориентировать ультразвуковые пучки под определенным углом; в любом случае для измерения абсолютной скорости необходимо осуществлять тригонометрические преобразования (триангуляцию).

Следующая проблема после измерения абсолютной скорости кровотока — вычисление объемного расхода потока крови. Оно заключается либо в измерении средней по пространству (по сечению сосуда) скорости при равномерном облучении сосуда и независимом измерении площади его сечения, либо в интегрировании измеренного профиля скоростей.

Около 20 лет понадобилось, чтобы от первых доплеровских приборов непрерывного излучения перейти к первым серийным измерителям объемного расхода крови. Большая часть разработок была эмпирической, и мы до сих пор еще далеки как от полного понимания процессов формирования доплеровских сигналов, так и от разработки оптимизированных доплеровских систем для решения частных клинических задач. Парадоксально, но некоторые физиологические характеристики, такие, как профиль скоростей, необходимые для оптимизации системы и понимания особенностей формирования доплеровских сигналов, могут быть измерены только с помощью самих доплеровских методов [7].

А также используются: *гидро-, метео- измерители, системы охранной сигнализации, измерители военно-технического и разведывательного назначения, технологические измерители*[9].

**Заключение**

В реферате мы рассмотрели аспекты науки, влияющие на звук при перемещении среды, источника, приемника звуковых колебаний. Приборы, созданные на основе эффекта Доплера, аэродинамики и т.д. широко используются в наше время. Также очень важен вопрос безопасности оборудования, ведь если прибор представляет угрозу здоровья или жизни человека, то такой прибор не будет широко использоваться. Этими вопросами занимается медицинская часть акустики.

Эффект Доплера получил широкое применение, потому что спокойствие является частью движения и все объекты в нашем мире находятся в состоянии движения.

**Список использованной литературы**

1.Блохинцев Д.И. Акустика неоднородной движущейся среды.- 2-е изд.- М.: Наука Главная редакция физико-математической литературы,1981.

2. Стретт Дж. В. (лорд Рэлей), Теория звука, пер. с англ., 2 изд., М., 1955; Скучик Е., Основы акустики, пер. с нем. , т. 1 - 2, М., 1958;

3.Дмитрий Иванович Блохинцев, "Успехи физических наук", 1963, т. 94, в. 1.

4.Н. Н. Андреев (к 85-летию со дня рождения), "Акустический журнал", 1965, т. 11, в. 3; Н. Н. Андреев, М., 1963

5.Ю.А. Храмов. Физики. Биографический справочник. М, "Наука", 1983

6. Исаакович М. А., Общая акустика, М., 1973.

7. Применение ультразвука в медицине: Физические основы: Пер. с англ./Под ред. К.Хилла. — М.: Мир, 1989.— 568 е., ил.

8. Давыдов П. С., Сосновский А. А., Хаймович И. А. Авиационная радиолокация: Справочник. — М.; Транспорт, 1984

9. Бартон Д. и Вард Г. Справочник по радиолокационным измерениям. Пер. с англ. под ред. М. М. Вейсбенна — М.: Сов. радио, 1976

10.Зарембо Л.К., Красильников В.А.,Введение в нелинейную акустику, М., 1966

11. Красильников В. Акустика, Звуковые и ультразвуковые волны в воздухе, воде и твердых телах, 3 изд., М., 1960.

12. Голдстейн М. Е., Аэроакустика, пер. с англ., М., 1981.

13. Мунин А. Г., Кузнецов В. M., Леонтьев E. А., Аэродинамические источники шума, M, 1981г.

14. Лауреаты Нобелевской премии: Энциклопедия. Пер. с англ. – М.: Прогресс, 1992.

15.Лаунд Л.Д., Лифшиц Е.М., Механика сплошных сред, 2-е издание, М., 1968.