

1)Здравствуйте, уважаемые зрители, уважаемое, жюри и команды-соперницы. Меня зовут Антон Хвалюк, и хочу представить вам наше решение задачи «Разрезание воздуха».@

2) Для начала позвольте напомнить вам условие задачи.
(чтение с экрана)@

3)Соответственно мы составили следующий план работы:
(чтение с экрана)@

4) Для начала попробуем качественно объяснить данное явление.@

5) В нашей задаче мы можем выделить@ два характерных явления, а именно сам звук, @а также характерные пульсации@

6) Появление звука можно объяснить двумя причинами:@
(чтение с экрана)@

7) Попробуем объяснить также и характерные пульсации.
Вероятными их причинами служат:@

- Эффект Доплера, вызываемый движением нити относительно слушателя
- Изменение затухания с расстоянием, вызываемое изменением самого расстояния

В дальнейшем мы будем проверять эти гипотезы.@

8) Рассмотрим имеющиеся у нас экспериментальные данные..@

9) Для начала рассмотрим сконструированную нами установку.

Ее мы будем использовать для всех дальнейших экспериментов. Отметим, что мы выбрали именно электромотор по ряду причин.@

В нее входят:@ (чтение с экрана) @x5 в ней также приняты некоторые меры безопасности.

После ее постройки мы доказали равномерность движения нити.@

10)А для описания нити мы ввели следующие обозначения.:@

Д – диаметр нити@

Л – длина нити@

А – начало нити

Ф0 – частота вращения нити

Также была введена система координат.

В нашей установке все эти величины изменяемы@

11) Однако, к сожалению, наша установка, несмотря на все преимущества, обладала и некоторыми недостатками, одним из которых был побочный шум. Также свой вклад вносили и фоновые шумы. А потому, нам нужно определить и отличить спектр нужных нам звуков, от **нежного** спектра помех. Практически, мы сравнивали спектры записи, а также специально записанный нами спектр чистых помех. Даже визуально вы можете увидеть ту часть, которая принадлежит именно полезному спектру.

12) Также мы могли получить эти де границы и теоретически. Тут нам помогало уравнение Струхаля, устанавливающее соотношение между линейной скоростью объекта и частотой отрыва с поверхности нити вихрей, образующих дорожку Кармана. Выразив скорость через параметры вращения и нити, мы получали максимальные и минимальные частоты. Как заметили в результате экспериментов, эти границы четко описывают границы характерного горбика полезного спектра, что является везкой причиной использовать это уравнение, как определитель границ полезного спектра.

13) Теперь, когда у нас есть все нужные нам данные, рассмотрим величины, которые будем использовать в качестве характеристик звука.@

Ими являются:@

(чтение с экрана) @x5

Такие характеристики, как спектр звука, а также анализ записи звука и его визуализация, мы получали из программы Sony Sound Forge.@

14) Мы рассмотрели влияние на звук упругих свойств нити (которые с свою очередь связана с собственными колебаниями.) Результаты представлены на слайде. Как видите материал нити, а, следовательно и упругие свойства нити не влияют на звук, откуда следуют 2 важных вывода@.:(чтение с экрана)

Также мы можем заключить, что в дальнейшем мы можем использовать проволоку ввиду ее жесткости.

15) Далее мы решили проверить нашу гипотезу касательно связи частоты пульсаций с частотой вращения. Ведь дело в том, что они должны совпадать, что оба эффекта, вызывающих данные пульсации в теории, имеют период, равны частоте вращения. Результаты вы можете видеть на слайде. Как видите, наша гипотеза не ошиблась: частота пульсаций действительно совпадает с частотой вращения. Для доказательства также проведена прямая $Y=X$.

Следовательно, в дальнейшем, мы можем отказаться от камеры и использовать запись звука в качестве способа определения частоты вращения. @

16) С обработкой всех имеющихся видов данных мы закончили и теперь можем начать проделывать эксперименты.

17) На данном слайде представлена зависимость характерной частоты от частоты вращения нити. В процессе эксперимента менялась длина нити. Различия между частотами довольно незначительные, учитывая малость шага изменения длины. Однако прослеживается определенная закономерность в величинах этих частот. Если расположить эти результаты в порядке увеличения длины: @ с увеличением длины увеличивается максимально возможная частота, а значит и пик спектра тоже смещается в сторону больших частот @

18) Теперь рассмотрим зависимость характерной частоты от диаметра нити. Результаты наших опытов представлены на слайде. @Здесь также довольно явно прослеживается закономерность в распределении частот по диаметрам. @Вывод отсюда очевиден: Характерная частота, равно как и максимальная, зависит от диаметра, причем $f_{\text{хар}}(d)$ – функция убывающая. @

Также мы проверили зависимость характерной частоты от положения слушателя.

19) Теперь рассмотрим влияние на нить грузика. Сразу, можно выдвинуть две гипотезы о влиянии грузика на звук. Во-первых, это распрямление нити за счет центростремительного ускорения, а во-вторых, это собственный звук грузика. Эти 2 гипотезы мы и проверим. @

20) Для начала качественно рассмотрим влияние распрямления. @ Как известно, в исходном состоянии нить не натянута - она скручена. Причем в силу ее малой массы, центростремительного ускорения не достаточно, чтобы распрямить нить, особенно ближе к концу. @Чтобы она распрямилась, по условию задачи требуется повесить на нее грузик. Понятно, он действительно имеет значительный эффект, причем величина распрямления практически не зависит от массы при достаточных массах грузика

Теперь рассмотрим вторую гипотезу. Для ее доказательства или опровержения мы придумали 2 качественных эксперимента. Мы предлагаем вам ознакомиться с их результатами. Чтобы исключить влияние распрямления, мы использовали проволоку. @

21) Первый эксперимент был следующий. Производилось 2 опыта – сначала мы записали звук проволоки без грузика. Затем был прикреплен грузик больших размеров (порядка 5-10 см), однако малой массы, чтобы не растягивать проволоку. После чего сравнили спектры этих двух звуков. @Как видите, сразу заметно, что громкость звука одинаковая. @Также у обоих звуков одинаковая характерная частота. @И наконец, что является самым важным, в обоих случаях у спектров одинаковая огибающая. Вывод отсюда очевиден – большой грузик никак не влияет на звук. @

22) Второй эксперимент аналогичен первому, но с одной лишь разнице: вместо контрольной проволоки без груза была проволока с маленьким грузиком (порядка 0,5 см). Результаты следующие. @Сразу очевидно, что громкость полученных звуков разная – маленький грузик ее увеличивает. @Далее заметно, что сместилась характерная частота: маленький грузик ее существенно уменьшил. @И наконец, у спектров сильно различные огибающие.

Из этих опытов делается очевидный вывод: действительно грузики изменяют спектр только за счет вышеизложенных влияний, причем вклад их в спектр зависит от размера и формы грузика. @

23) Из наших результатов, мы можем сделать вывод о происхождении звука в данной задаче, В купе все эксперименты лишь подтверждают это. Как вы помните, в начале, мы рассмотрели причины, которые могут вызывать звук. Теперь мы можем сказать, что это явно

НЕ@ вынужденные колебания – все указывает на дорожку Кармана. А это значит, что именно@ она является причиной звука.

24) Теперь перейдем к описанию теоретической модели.@

25) Для начала обозначим основные положения и приближения теории.@x5
(чтение с экрана)

Данные приближения отчасти основываются на результатах наших экспериментов.@

26) Также введем условные обозначения для исследуемых величин:@x4
(чтение с экрана)@

27) И так, начнем. Сила сопротивления воздуха пропорциональна квадрату скорости, причем часть рассеянной энергии уходит в тепло, однако часть также затрачивается на появление вихрей позади тела. Учитывая, что звук в нашем случае является следствием вихревого течения, @мы и будем использовать это выражение. Домножив его на скорость,@ а также введя коэффициент k , характеризующий долю потерь на разгон вихрей, мы получим рассеиваемую звуком мощность.@

28) Теперь запишем все используемые уравнения. @Во-первых, это определение интенсивности, как мощности, приходящейся на единицу площади. @Также это только что полученное нами уравнение для мощности. @В-третьих, запишем площадь малого участка нити, рассматриваемого нами. @И в-четвертых, выразим площадь, на которую рассеивается энергия. @Теперь, решив уравнение относительно интенсивности, и переписав решение в дифференциальный вид,@ получим искомое выражение интенсивности.@ Не забудем также, что расстояние до слушателя есть функция от времени и выражается через теорему Пифагора для 3D системы координат.@ А также проведем простую замену переменной, чтобы перейти от координаты к частоте. @Используя все эти условия, мы можем получить явное выражение для спектра.@

29) Также учтем влияние эффекта Доплера. @У нас есть функция, зависящая от частоты, которая является спектром без учета эффекта Доплера.@Итоговое значение не учитывает доплеровской поправки. Однако мы можем вспомнить и применить то, @что это выражение справедливо для любой частоты, а потому, чтобы получить нужное нам значение, нужно просто сместить аргумент функции на соответствующую поправку.@ И получить конечную формулу.

30) Также из нашей теоретической модели, нам нужно получить характерную частоту, так как это основной критерий сравнения теоретической модели с экспериментом. Для этого, что очевидно, нам нужно решить уравнение вида (чтение с экрана) и выбрать действительный корень. Однако, поскольку спектр изменяется со временем, @а, следовательно, характерная частота также будет меняться, мы не можем использовать такой подход. Однако мы можем повторить упрощение, сделанное в процессе экспериментов @ и усреднить спектр по времени. Далее используем знакомый метод поиска экстремума функции.@

31) Теперь, когда все величины посчитаны, можем перейти к сравнению теории и эксперимента.@

32) Приступим к сравнению. @ Для начала рассмотрим частотные характеристики звука. На данном слайде представлены результаты эксперимента и посчитанные по исходным данным теоретические результаты.@ Также к каждому графику прилагается полученная теоретическая формула. @Особое внимание следует обратить на характерную частоту. Вопреки ожидаемым громоздким выражениям, мы получили простое выражение, имеющее при себе 2 независимые величины, а также постоянный коэффициент, зависящий только от положения слушателя, что в принципе логично.@

33) Также мы сравнили полученные спектры. Результаты сравнения представлены на слайде.@ (подождать)

34) Наконец, сравним практические и теоретические звуки и их амплитудное отображение.@ Как видите, здесь сходимость довольно большая, мы видим большую сходимость @как в громкости звука в целом, @так и в громкости пульсации.(@) Также сравним звуки, полученные в эксперименте@

35) Подведем итоги и сделаем выводы

Для начала качественные выводы:

(чтение с экрана)@

36) И количественные

(чтение с экрана).@

37) На этом заканчиваются мои 12 минут, Спасибо за внимание!