

Контроль тона при игре на гармонике

Robert B. Johnston
106 Doveton Crescent
Ballarat
Victoria 3350

Аннотация

Описывается техника, используемая харперами для изменения высоты ноты через изменение голосового тракта. Представлены наблюдения за этим эффектом с точки зрения исполнителя, а также результаты экспериментов с использованием механизма нагнетания воздуха. Звуковой анализ эффекта с использованием аппроксимации малого сигнала, включая оба язычка в каждом воздуховоде в модели, дает предсказания в соответствии с наблюдениями.

Введение

Цель этой статьи — описать и раскрыть технику, используемую харперами (в частности, исполнителями блюза и джаза) для изменения высоты ноты через изменение формы речевого тракта, главным образом через изменение позиции языка.

В литературе имеются только бессистемные ссылки на гармонику, обычно с общими рассуждениями о вибрации язычка как источнике звука, но сама акустика инструмента оказывается неизученной. Однако, имеется много литературы, посвященной процессу возникновения звука через вибрацию язычков [1], [2], [3], [4], [10], [11], [17], в особенности в отношении кларнета. Также имеется корпус данных для эффекта появления резонанса в речевом тракте при исполнении на духовых инструментах [5], [6], [7], [8], [9], включая высоту тона [7], [12].

Инструмент, на котором чаще всего применяется описываемая техника, — это простая диатоническая 10-дырочная гармоника с рихтеровским строем. Более сложная хроматическая гармоника менее приспособлена для этого и на ней данный эффект используется меньше, т. к. данная гармоника уже имеет полную хроматическую гамму в своей конструкции. Мы использовали широко распространенные обычные гармоники Hohner Special 20 Marine Band, которые выпускаются во всех мажорных ключах.

Строй инструмента в ключе С показан на рисунке 1. Пропущенная нота А4 в нижней октаве позволяет извлечь доминант-септаккорд.

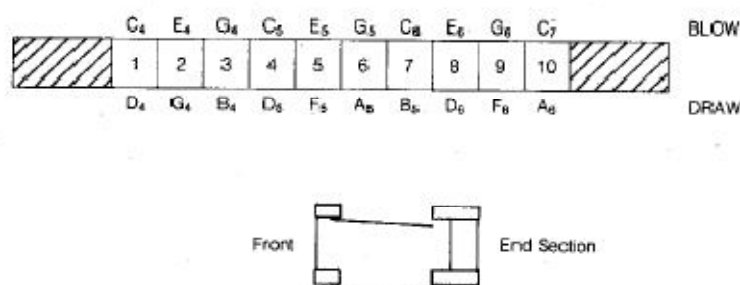


Рисунок 1 — Настройка и расположение язычков на 10-дырочной гармонике

«Классическая» техника игры на гармонике использует блокировку языком, при которой во рту находится сразу 4 отверстия, три из которых блокируются языком. Мелодия играется через остающееся открытым четвертое отверстие, а язык при этом

может ритмично ударять по трем отверстиям, создавая аккордовый аккомпанемент. При этом язык не может использоваться для изменения речевого тракта, и, соответственно, бендинг не используется при этом способе игры. При этом инструмент становится очень ограниченным, т. к. отсутствуют полутона.

Инструмент стал более гибким после начала его использования афро-американцами США в начале XX века. Новый метод включал в себе блокировку губами для извлечения ноты на вдохе или на выдохе. Язык при этом оставался свободным для изменения формы полости рта, которое создавало эффект изменения высоты тона (на третьем отверстии до 3 полутонов).

Важность получения бендов для такой музыки двухкратна. Во-первых, джаз/блюз использует много четвертьтонов, лежащих между фиксированными нотами ладов. Любой инструмент, который может создавать эти «бендовые ноты», может использоваться в этом стиле. Во-вторых, используемые лады — это не только диатонический мажорный лад. Они требуют пониженные терции, квинты и септимы. Это может быть достигнуто через игру ладов, основанных на натуральном мажоре (в частности на миксолидийском ладе, в котором тоникой является пятая ступень натурального мажора), а другие пропущенные ноты играют с помощью бендинга.

Наблюдения за процессом бендинга

Любая теория бендинга на гармонике должна учитывать следующие наблюдения.

А. Нота может быть только понижена.

Б. Только определенные ноты могут быть сбендены: низкие вдоховые ноты и высокие выдоховые ноты. Подробное правило просто: единственные ноты, которые могут быть сбендены, — это те, где другая нота в том же самом канале (т. е. вдоховая нота, когда играется выдоховая нота) имеет меньшую высоту, чем та, которая играется. Для гармоник, показанной на рисунке 1, это применимо для вдоховых нот 1 — 6 и выдоховых нот 7 — 10. Выдохи 1 — 6 и вдохи 7 — 10 не могут быть сбендены более чем на несколько десятков центов.

В. Глубина бенда также зависит от высоты другой ноты в том же канале. Правило состоит в том, что для тех нот, которые могут быть сбендены, высота может варьироваться от нормальной естественной высоты ноты до примерно повышенной на полутон высоты другой ноты в том же канале.

Г. Для вдоховых нот изменение высоты тона по существу не прерывается между верхней и нижней границей высоты тона для плавного изменения формы рта. Для высоких нот высота тона имеет тенденцию изменяться скачками между границами.

Д. Техника, которая используется для достижения этих изменений, по существу состоит в следующем. Для средних и высоких нот размер полости рта, контролируемый положением языка, представляет собой ключевой фактор. Для средних вдоховых бендов язык немного уходит назад и надавливает на нижнее нёбо для понижения ноты. Для высоких выдоховых бендов язык перемещается вперед и, как говорилось выше, высота тона падает более-менее скачкообразно. В обоих случаях высокие ноты играют с языком, продвинутым вперед во рту. Для очень низких нот перемещение языка используется меньше, но наблюдается перемещение кадыка для понижения высоты тона, что свидетельствует о сужении гортани [5]. Эти изменения в положении языка от низких до высоких нот подобны тем, что найдены в игре на деревянных духовых инструментах [5], [6].

Эксперименты с использованием искусственно продуваемой гармоник

Эксперименты производились с использованием механически продуваемой гармоники, чтобы показать, что эффект бендинга может быть получен через изменение резонансной частоты камеры, сквозь которую продувается инструмент. Приспособление схематически изображено на рисунке 2. Эффект изменений в геометрии речевого тракта моделируется изменением длины цилиндра в источнике воздуха (air supply). Данной приспособление также использовалось в экспериментах Колтмана [12]. Частота измерялась с помощью стробоскопа Козна (Cohn Strobe Tuner), измерения были близки к критическому давлению, когда в большинстве случаев применяется аппроксимация малых сигналов (имеется небольшое понижение высоты тона с увеличением нагнетаемого давления).

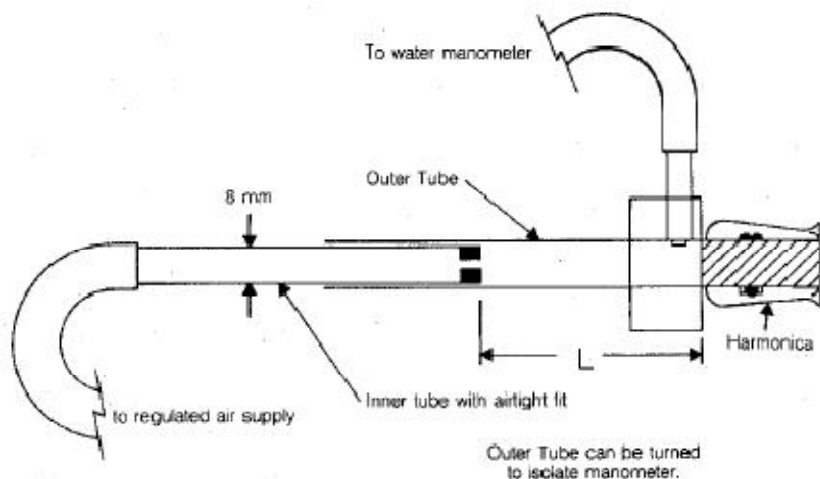


Рисунок 2 — Схема экспериментального аппарата

Рисунок 3 показывает результаты эксперимента, в котором частота звука, извлекаемого на 8 выдохе на гармонике в ключе С (нота, которая бендится легко), измерялась в зависимости от расширения трубы. Частота свободного язычка нижней платы возвращалась повышенной, то есть по отношению к высоте язычка на верхней плате через спиливание язычка. Изменение высоты тона в зависимости от длины цилиндра переделывалось, и процесс повторялся. Результаты ясно показывают, что нижняя граница, до которой высота тона может быть сбедена, определяется частотой другого язычка в этом же канале. Также наблюдается, что этот язычок имеет существенную амплитуду колебаний, когда высота тона наименьшая. Экстремумы высоты тона, которые могут быть получены на экспериментальной установке, находятся в хорошем согласии с тем, что получается при обычной игре на инструменте.

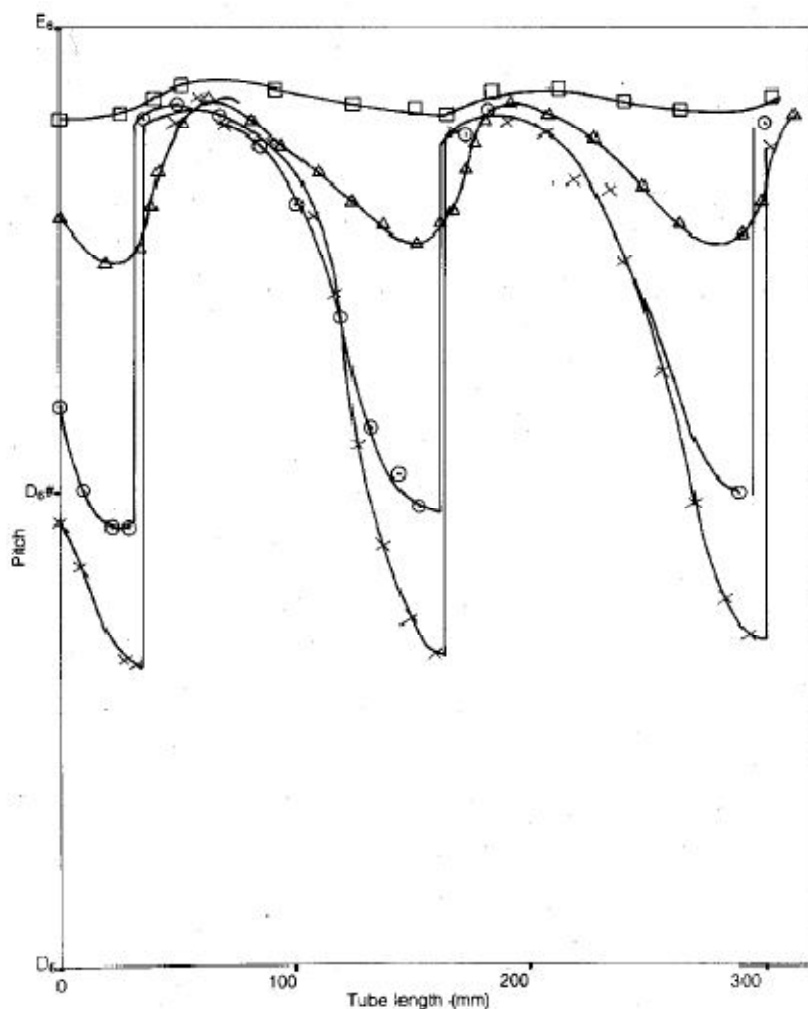


Рисунок 3 — Зависимость высоты тона от длины трубы при бендинге 8 выдоха на гармонике в ключе С (нота бендится значительно). Язычок на нижней плате (вдох) настраивался на различные высоты тонов свободных язычком, приближаясь к тону язычка на верхней плате.

× — *D6 + 30 cents*
 ○ — *D6 - 44 cents*

△ — *D6 + 25 cents*
 □ — *E6 - 25 cents*

Рисунок 4 показывает изменение высоты тона от длины цилиндра для 8 выдоха на гармонике в ключе G с обоими вибрирующими язычками в канале, с вибрирующим только верхним язычком и заблокированным нижним язычком и наоборот. Результаты показывают, что необходимы колебания обоих язычков для получения наибольшего диапазона изменения высоты тона.

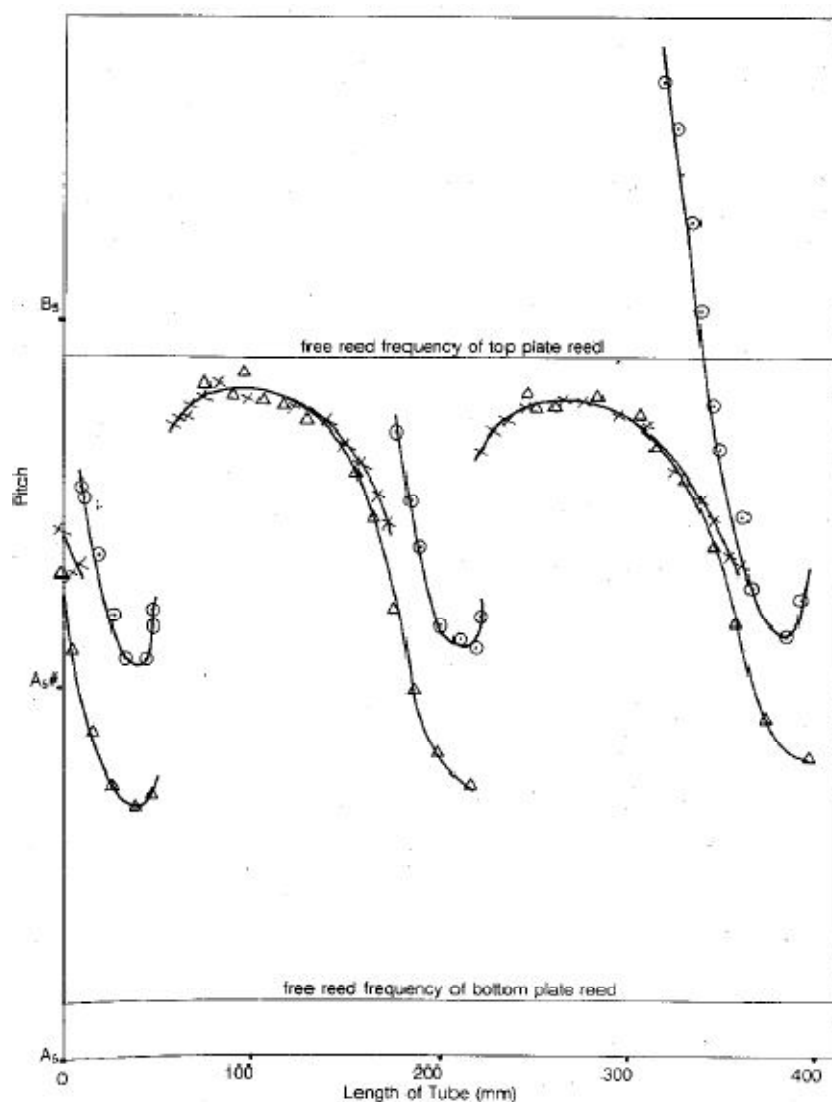


Рисунок 4 — Зависимость высоты тона от длины трубы при бендинге 8 выдоха на гармонике в ключе G (нота бендится значительно)

△ — *Both reeds free to vibrate* × — *Only top plate reed free*
 ○ — *Only bottom plate reed free*

Рисунок 5 показывает те же самые измерения, повторенные для ноты, которая не бендится легко — 4 выдох на гармонике в ключе C. Изменения высоты тона небольшие, и при обоих свободных язычках при длине цилиндра, при которой высота тона понижается, сила звука сильно понижена. При этих же границах длины так же возможно при увеличении давления получить вторую высоту тона рядом с высотой, полученной при продувании только со свободным язычком на верхней плате. Такая нота может быть получена в реальной игре при точном изменении речевого тракта и увеличении давления воздуха на выдохе.

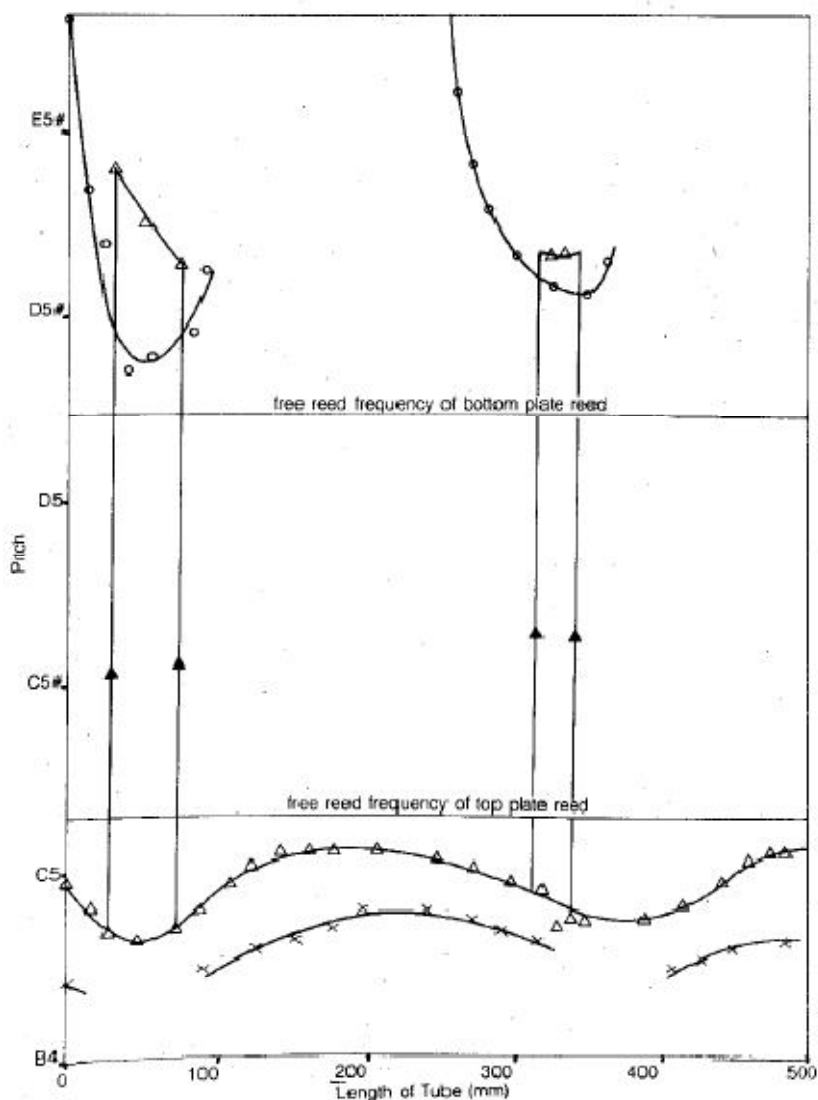


Рисунок 5 — Зависимость высоты тона от длины трубы при бендинге 4 выдоха на гармонике в ключе С (нота бендится незначительно)

△ — *Both reeds free to vibrate* ○ — *Only top plate reed free*
 × — *Only bottom plate reed free*

Измерения делались при критичном давлении, требуемом для начала вибрации. Например, для ноты, которую можно бендить, 8 выдох на гармонике в ключе G было получено давление в диапазоне от 0.1 кПа до 0.5 кПа только для язычка на верхней плате, от 4.6 кПа до 6 кПа для нижнего язычка и от 0.3 кПа до 1.5 кПа для обоих вибрирующих язычков. В этом последнем случае верхнее значение возникает для длины трубы, которая приводит к минимуму высоты тона, то есть критическое давление увеличивается, т. к. нота бендится вниз.

То, что эффект может быть получен с такой установкой, является сильным основанием для того, что бендинг в нормальное игре вызывается изменением резонансной частоты речевого тракта через изменение его формы. То, что имеется увеличение в пороговом давлении, так как нота бендится, приводит многих игроков к ошибочному пониманию эффекта бендинга как увеличение давления воздуха или сужению источника воздуха (air supply). Кроме того, наши эксперименты показывают, что оба язычка в канала участвуют в процессе бендинга, в противоположность к распространенной вере в то, что только один язычок вибрирует в какой-либо момент.

Теория

Флетчер [3] показал, что колебания в классических духовых инструментах могут рассматриваться через разделение системы инструмента на пассивную линейную распределенную акустическую систему (труба инструмента) и нелинейный генератор звука. Каждая система характеризуется своей функцией сопротивления (*impedance*) (или проводимости (*admittance*)), и вследствие возможности отрицательного сопротивления звукового генератора могут возникать самоподдерживающиеся колебания.

Этот подход может использоваться для получения качественного объяснения контроля тона при игре на гармонике. Пассивная распределенная система — это речевой тракт игрока с проводимостью Y_v (рассмотрение со стороны амбушюра во рту), генератор звука — это пара язычков гармоники в канале с проводимостью Y_h (рассмотрение со стороны инструмента). Условие, что система язычков работает в качестве генератора звука, состоит в том, что действительная часть Y_h является отрицательной, и даже больше: равной по величине действительной части Y_v [3]. Кроме того, непрерывность объемной скорости (*volume velocity*) требует, чтобы выполнялось равенство

$$\tan \varphi_h = \tan \varphi_v, \quad (1)$$

где φ_v и φ_h — фазы функций полной проводимости для речевого тракта и системы язычков. Уравнение (1) определяет частоту колебаний комбинированной системы. Детали вычисления Y_h , φ_h , Y_v и φ_v приводятся в приложении.

Полезно различать, следуя Гельгольцу [1], два способа, в которых язычок, связанный с распределенной акустической системой, может рассматриваться в качестве генератора звука. В одном режиме геп язычка уменьшается, когда язычок перемещается в направлении воздушной струи, и в другом режиме, когда геп увеличивается, когда язычок перемещается в направлении воздушной струи. Мы называем первый случай закрытым язычком, а второй — открытым язычком. (Мы отклонились от терминологии Гельмгольца, т. к. она подходит только для инструментов, работающих на выдохе, тогда как гармоника работает и на вдохе). Когда играется нота на выдохе, верхний язычок является закрытым, а нижний язычок — открытым. Роли меняются для вдоховой ноты. Язычки, которые связаны с нормальным исполнением нот, — это закрытые язычки, но следующий ниже анализ показывает, что открытые язычки играют решающую роль в бендовых нотах.

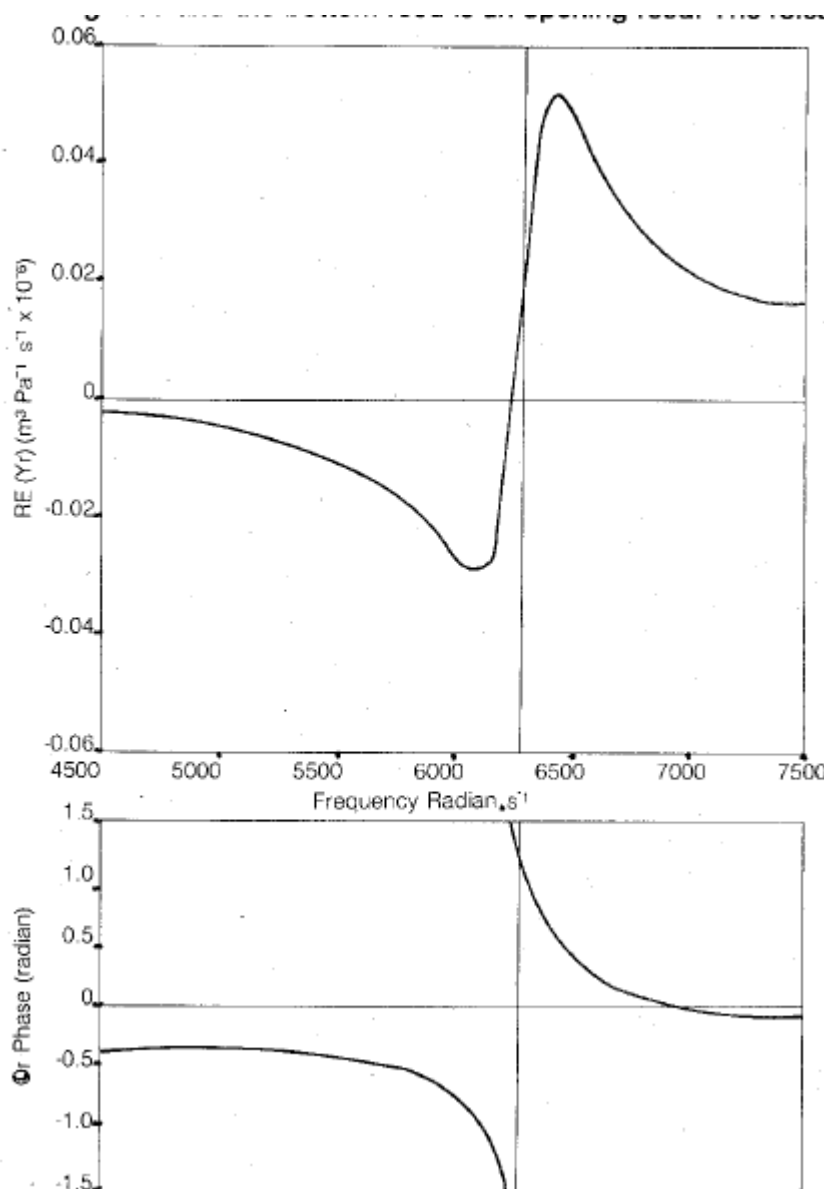


Рисунок 6 — Зависимость действительной части и фазы акустической полной проводимости от частоты закрытого язычка

$X_u = 0.2 \text{ mm}$	$b = 2.00 \text{ mm}$
$M_r = 0.01 \text{ g}$	$a = 1.0 \text{ mm}$
$S_r = 0.2 \text{ cm}^2$	$D_r = 0.05$
$W_r = 6300 \text{ rad.s}^{-1}$	$P_o = 1.0 \text{ kPa}$
$\gamma = 1$	$z = 0.5$

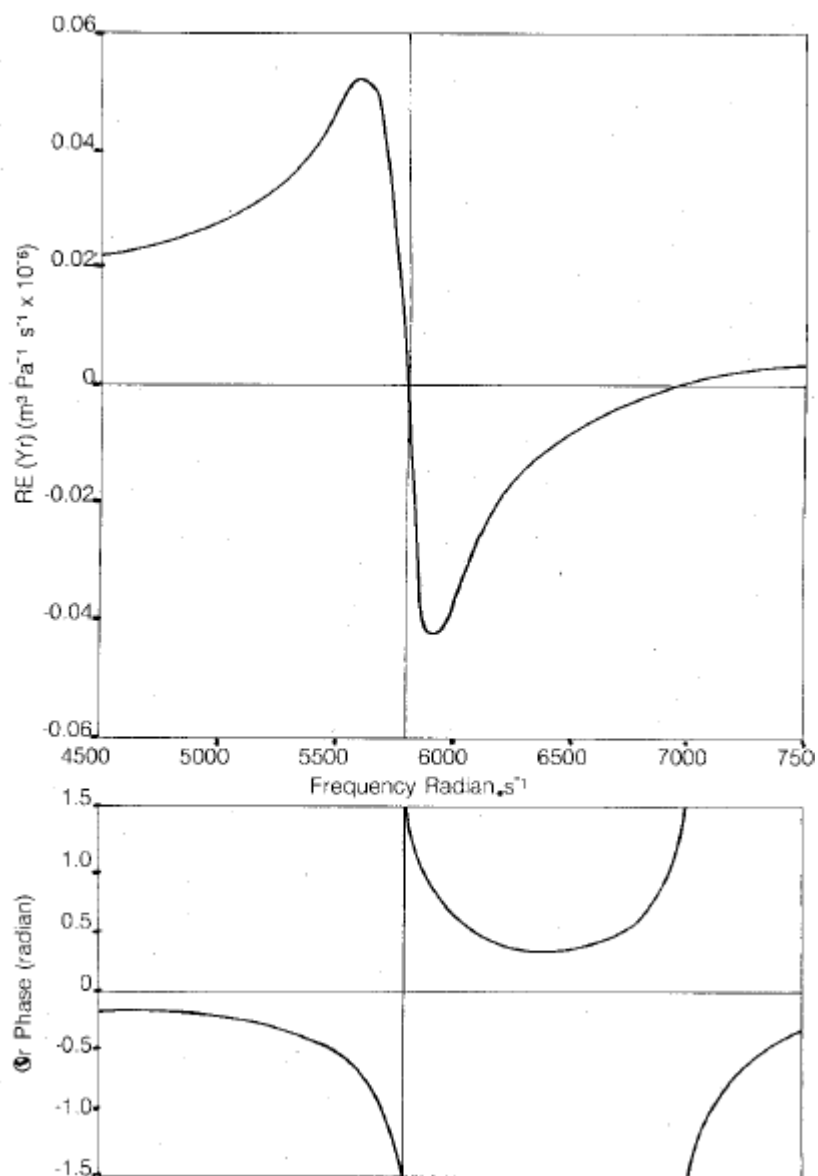


Рисунок 7 — Зависимость действительной части и фазы акустической полной проводимости от частоты открытого язычка. Параметры те же, что и для рисунка 6, исключая $X_u = -0.2 \text{ mm}$, $W_r = 5800 \text{ rad. s}^{-1}$

Рассмотрим первый случай, когда только один язычок в воздушном потоке свободен для колебаний. Рисунки 6 и 7 показывают...

TO BE CONTINUED...