ной скорости поверхностной рекомбинации на свободной поверхности и выбор различных граничных условий при металлизации поверхности практически не влияет на рассчитанные зависимости акустоэффекта и коэффициента электронного поглощения поверхностной волны; в области больших проводимостей полупроводника величина поперечного акустоэлектрического эффекта и поглощения волны не зависят от параметров верхнего слоя структуры, так как поля акустической волны локализованы в нижнем слое.

Проведенный расчет подтверждает приведенное в работе [7] объяснение наблюдаемой смены знака поперечного акустоэлектрического эффекта.

Авторы благодарны В. В. Тарасенко за обсуждение данной работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Викторов И. А.* Взаимодействие рэлеевских волн с электронами в кристалле CdS при наличии освещения и поперечного электрического поля.— Акуст. ж., 1968, т. 14, № 2, с. 204–208.
2. *Викторов И. А.* О влиянии электрических неоднородностей поверхностного слоя полупроводника на распространение поверхностных волн.— В кн.: Упругие поверхностные волны. Новосибирск: Наука, 1974, с. 64–76.
3. *Ingebrigtsen K. A.* Surface Waves in Piezoelectrics.— J. Appl. Phys., 1969, v. 40, № 7, p. 2681–2685.
4. *Федосов В. И.* Акустоэлектронное поглощение поверхностных акустических волн в структуре пьезоэлектрик — полупроводник.— РиЭ, 1981, т. 26, № 2, с. 409–415.
5. *Гуляев Ю. В., Карабанов А. Ю., Кмита А. М., Медведь А. В., Турсунов Ш. С.* К теории электронного усиления и поглощения звука в пьезополупроводниках.— Физ. тв. тела, 1970, т. 12, № 9, с. 2595–2601.
6. *Вьюн В. А., Левин М. А.* Влияние изгиба зон полупроводника на акустоэлектронное взаимодействие.— Физ. тв. тела, 1981, т. 23, № 3, с. 848–855.
7. *Булюк А. Н., Котелянский И. М., Крикунов А. И., Федорец В. Н.* Знакопеременный акустоэлектрический эффект в структуре $LiNbO_3$ — пленка CdSe.— Физ. тв. тела, 1981, т. 23, № 9, с. 2587–2592.

Институт радиотехники и электроники
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
28.XII.1982

УДК 621.391

ПАРАМЕТРЫ ЗВУКОВ РЕЧИ ТОНАЛЬНОГО ЯЗЫКА

Нгуен Ань Туан

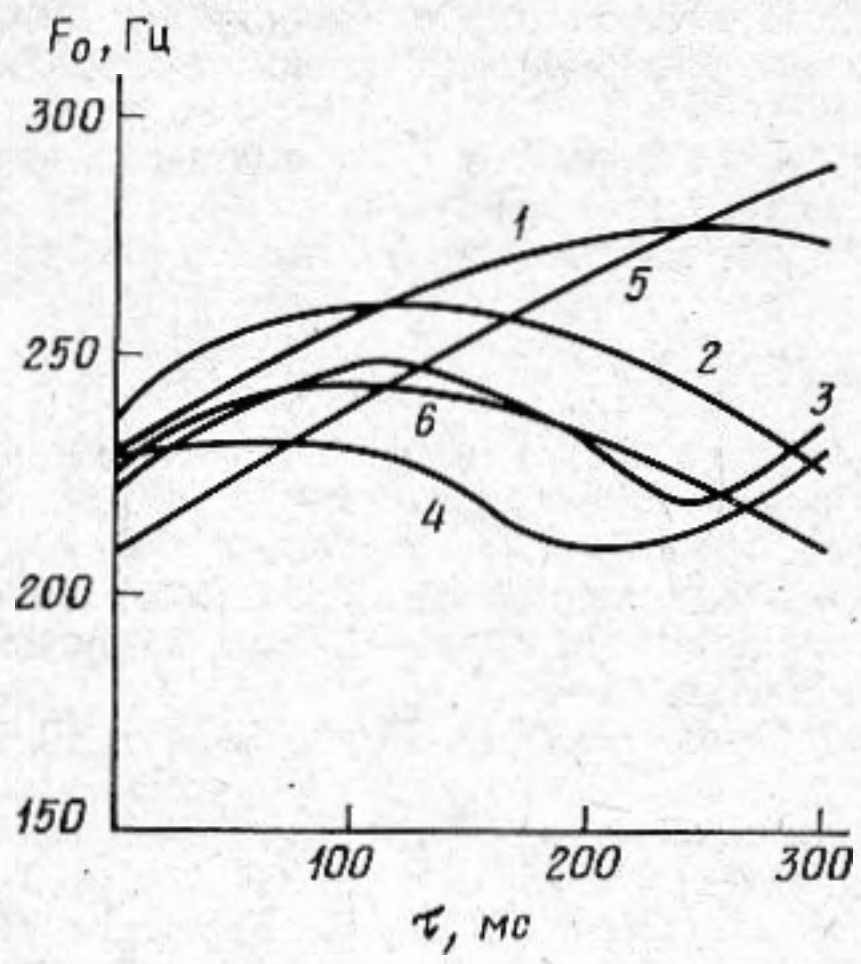
Особенностью фонетического строя тонального языка является смыслоразличительное значение частоты основного тона на звонких участках речи. Во вьетнамском языке существует 6 основных типов тональности в открытых слогах и 2 – в закрытых, характеризуемых различными изменениями основного тона на участках, соответствующих односложным словам (слогам). В отличие от индоевропейских языков, где частота основного тона определяет в основном просодический контур высказывания и определяет тип интонации, в языках тонального типа изменение периода основного тона на коротких отрезках речи изменяет смысл слов. В [1] исследовались признаки тонированных слогов (изолированных слов) и было показано, что динамика тонов различного типа в изолированных словах может быть аппроксимирована (для различных участков тонированного слога) ломаными прямыми с раз-

Таблица 1

Вьетнамские гласные (русская транскрипция)	Соответствующие им русские гласные	F_1 (Гц)			F_2 (Гц)		
		$F_{1мин}$	$F_{1макс}$	$F_{1ср}$	$F_{2мин}$	F_2	$F_{2ср}$
А	А	730	1070	800	1420	1570	1495
$О_1$	Нет	350	510	430	612	690	651
$О_2$	Как окно	320	700	510	910	1420	1165
$О_3$	ЛЁ	370	720	545	1170	1510	1340
Е	Э	420	660	540	1700	2060	1880
$Е_1$	Как этаж	360	570	465	1860	2380	2120
I	И	260	400	330	1610	2800	2205
И	У	310	420	365	450	882	661
$И_1$	Ы	290	430	360	1250	1470	1360

личными углами наклона, определяемыми производными частоты основного тона по времени на средних участках кривых.

Относительная устойчивость параметров тонов различного типа для изолированных слов позволила поставить задачу исследования этих и других параметров для звуков слитной речи. Решение этой задачи позволит реализовать автоматическое распознавание фраз, произносимых на языках тонального типа (вьетнамском).



Типы тональностей: *1* – первый тон, *2* – второй; *3* – третий, *4* – четвертый, *5* – пятый, *6* – шестой тоны

Следует сказать, что основных типов гласных вьетнамского языка 9 (табл. 1). Однако из-за сложного взаимодействия формантной и гармонической структур, определяющего смыслоразличительную функцию гласных, следует изучить 56 звуков. Важной особенностью вьетнамской речи является наличие дифтонгов и трифтонгов, общее число которых 28. Согласные звуки вьетнамского языка более соответствуют звукам индоевропейских языков. Слоги вьетнамского языка состоят из инициаля, тоналя и финаля. Инициаль – это начальный согласный слога, тональ – гласный или дифтонг, финаль – конечный согласный или полугласный. (Инициаль и финаль присутствуют в слоге не всегда.) В качестве согласных финаля могут быть только *n*, *nh*, *ng*, *p*, *c*, *ch*, *t*, а в качестве инициаля могут быть любые согласные.

Наиболее интересна для исследования структура тоналя, где и происходят основные изменения периода основного тона, определяющие тип тональности.

В качестве аппаратуры, используемой для анализа звуков вьетнамской слитной речи, использовалось разработанное в ВЦ АН СССР устройство выделения информативных признаков речевых сегментов [2]. Устройство включало каналы выделения форматных параметров, средней интенсивности, периода основного тона, мгновенной частоты сигнала, а также ряд других информативных признаков и гребенку из 15

Таблица 2

	уа	ия	ие	иэ	ио	ай	ыэй
$F_{1нач.}$	250	270	265	310	670	630	350
$F_{1кон.}$	500	800	670	720	870	310	625
$F_{2нач.}$	710	1210	2100	2150	620	610	1470
$F_{2кон.}$	1620	1120	1760	2070	1005	1240	1450
$\tau_{отн.}$	1/3	1/2	1/4	1/2	1/3	2/3	1/2

	оа	ау	аи	ыа	ыэ	ой	ои
$F_{1нач}$	500	865	855	382	310	400	510
$F_{1кон.}$	910	315	320	910	490	320	315
$F_{2нач.}$	1100	1200	1215	1500	690	1310	805
$F_{2кон.}$	1600	720	1600	1210	2100	1600	1610
$\tau_{отн.}$	1/3	1/2	3/4	1/2	4/5	4/5	2/3

	уй	ый	иэу	иуэ	ыэй	уэй	уйа	иеу	уой	иэй
$F_{1нач.}$	350	370	560	270	350	310	312	279	298	300
$F_{1ср.}$				510	308	450	275	480	450	610
$F_{1кон.}$	300	310	380	310	360	270	810	350	259	360
$F_{2нач.}$	410	810	670	2000	430	1570	720	2100	460	2200
$F_{2ср.}$				1600	2100	510	2200	1600	510	1800
$F_{2кон.}$	1600	1300	1700	420	1670	2170	1130	590	2115	1610
$\tau_{отн.}$	2/3	2/3	2/3	1/5, 2/5	2/5, 1/5	2/5, 1/5	1/5, 1/5	1/5, 2/5	2/5, 1/5	1/5, 2/5

полосовых фильтров, выполненную на интегральных микросхемах. Фразы, используемые для получения параметров звуков речи, отражали изменения всех типов гласных и дифтонгов, произносимых в различных тональностях и различном фонетическом окружении.

В качестве дикторов были приглашены 3 мужчины и 2 женщины – носители нормы ханойского произношения вьетнамского языка, произносившие все подготовленные фразы по 3 раза. Общее число фраз – 27. Кроме того, для выявления особенностей отдельных дифтонгов, трифтонгов и некоторых тональностей произносились последовательности изолированных слов, не связанные смыслом. В табл. 1 приводятся параметры гласных слитной речи: формантных частот и их динамики. В табл. 2 – параметры отдельных дифтонгов и трифтонгов: отношения средних длительностей и формантные частоты на каждом участке. На фигуре приведены типичные картинки шести типов тональностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Нгуен Ань Туан, Трунин-Донской В. Н.* Динамический анализ тонов вьетнамской речи на ЭВМ БЭСМ-6.– В кн.: Дискретная обработка речевых сигналов. М.: ВЦ АН СССР, 1978, с. 81–100.
2. *Козадаев Б. П., Нгуен Ань Туан, Родионова Г. Г., Трунин-Донской В. Н.* Ввод информативных речевых признаков в ЭВМ СМ-4. Тез. докл. и сообщ. XII-го Всес. семинара по автоматическому распознаванию слуховых образцов (АРСО-12). Киев – Одесса, 1982, с. 172–174.

Вычислительный центр
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
5.IX.1983

УДК 534.232

ИЗЛУЧЕНИЕ РАВНОМЕРНО ДВИЖУЩЕГОСЯ В ГАЗЕ ТЕЛА, ПРОЛЕТАЮЩЕГО НАД ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОЙ

Стакун И. С.

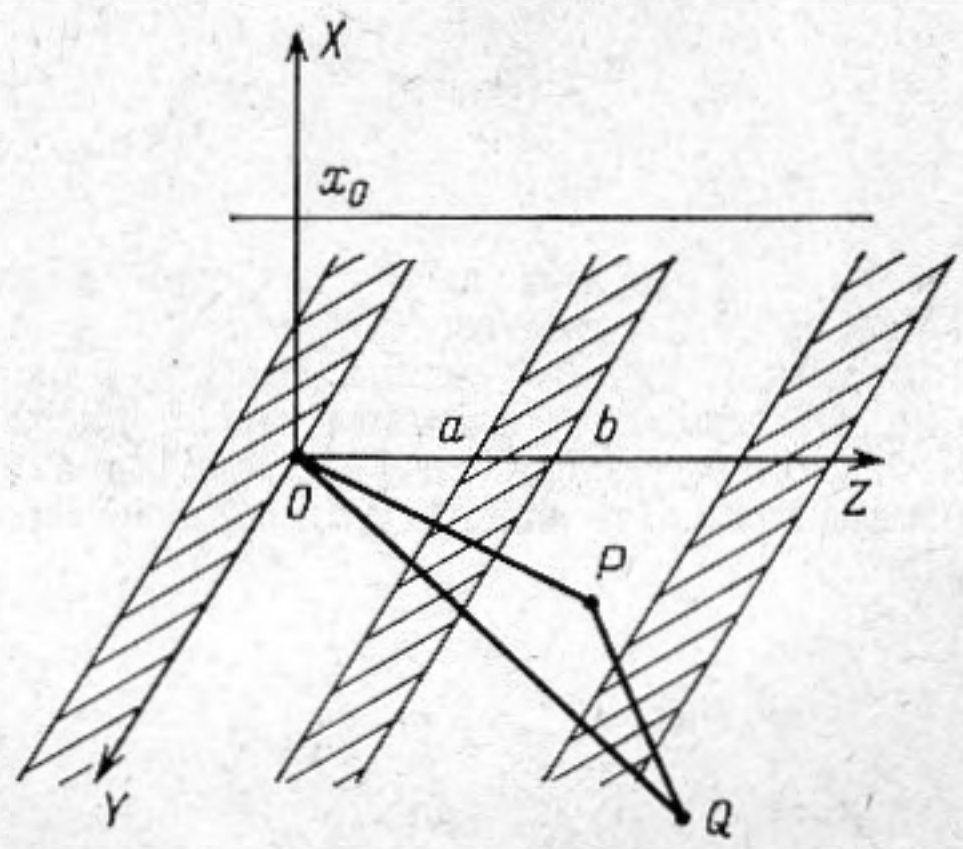
Если тело равномерно движется в газе, то при дозвуковой скорости оно не излучает звуковых волн. Однако если в этом случае вблизи от пути тела находятся другие рассеивающие тела или экраны, то возникает излучение.

Пусть в газе с плотностью ρ некоторое малое тело движется прямолинейно и равномерно со скоростью v параллельно оси OZ на расстоянии x_0 от плоскости экрана, представляющего собой параллельные оси OY полосы ширины $b-a$, периодически расположенные с периодом b, как показано на фиг. 1. Уравнение, описывающее изменение плотности $\rho(x, y, z, t)$ газа, имеет вид [1, с. 596]

$$\Delta\rho - c_s^{-2}\frac{\partial^2\rho}{\partial t^2} = Fc_s^{-2}\delta(x-x_0)\,\delta(y)\times \times\frac{\partial}{\partial z}\delta(z-vt), \qquad (1)$$

где $\mathbf{F}\delta(x-x_0)\,\delta(y)\,\frac{\partial}{\partial z}\delta(z-vt)$ — сила, действующая на единицу объема среды. Здесь $\mathbf{F}=\Gamma S\rho_0 c_s\mathbf{v}$ при дозвуковых скоростях, Γ – коэффициент сопротивления, c_s – скорость звука. Решение уравнения в дозвуковом случае $V<c_s$ можно представить в следующем виде:

$$\rho(x, y, z, t) = = \frac{iF}{8\pi^2 c_S^2}\iint\limits_{-\infty}^{\infty}\frac{k_z e^{-|x-x_0|\sqrt{k_y^2+k_z^2(1-v^2/c_s^2)}}}{\sqrt{k_y^2+k_z^2(1-v^2/c_s^2)}}\cdot \cdot e^{ik_y y+ik_z(z-vt)}dk_y\,dk_z.$$



Фиг. 1. Экран расположен в плоскости YOZ и представляет собой параллельные оси OY полосы ширины $b-a$, повторяющиеся через период b. Точка P $(0, y, z)$ расположена на отверстии в экране, точка Q (ξ, η, ζ) – произвольная точка, лежащая над экраном