УДК 621.391.3

МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ РЕЧИ

В.А. Лепешкин, старший научный сотрудник ОАО «РИМР», к.т.н.; rimr500@mail.ru
Л.Я. Антонюк, заместитель технического директора ОАО «РИМР», к.т.н.; info@rimr.ru
О.Ф. Корхов, начальник лаборатории ОАО «РИМР», rimr500@mail.ru

Рассматривается вопрос оптимизации процесса формирования вокодерных сигнал-параметров по времени с помощью канонического разложения передаточной функции модели голосового тракта. В качестве критерия сравнения предлагается мера близости мгновенного энергетического спектра нестационарного случайного процесса на выходе модели речеобразования и энергетического спектра процесса, выделенного временным интервалом преобразователя речи. Для решения задачи оптимизации модели преобразователя речи использован метод канонического разложения Карунена-Лоэва применительно к нестационарным передаточным функциям линейных систем. Предлагаемый метод иллюстрируется на примере оптимизации длительности прямоугольного «окна».

Ключевые слова: *сигнал-параметры вокодера, модель голосового тракта, разложение Карунена-Лоэва, длительность прямоугольного «окна».*

Введение. Одним из наиболее эффективных способов передачи речи является способ передачи параметров модели голосового тракта [1–3].

Оптимизации передаваемых сигнал-параметров речи посвящен ряд работ. В [4, 5] решается задача минимизации числа передаваемых сигнал-параметров и достижения требуемой точности их передачи при заданном уровне искажения спектра сегмента (фрейма) речи. Известны оптимальные системы параметров линейного и нелинейного предсказания [6], спектральных сигнал-параметров [4], полученные с позиций оптимального представления случайных процессов.

Аспекты оптимизации процессов формирования сигнал-параметров речи во времени, в частности оптимизации характеристик временного «окна», с помощью которого нестационарный случайный процесс, являющийся моделью речевого сигнала, аппроксимируется процессом с локально-постоянными параметрами, в литературе освещены недостаточно [6, 7]. Ниже рассматриваются вопросы оптимизации процессов формирования сигнал-параметров речи во времени в рамках спектральной теории случайных процессов.

Статистические модели формирования и преобразования речевого сигнала. Речевой сигнал (РС) является нестационарным случайным процессом [4]. Нестационарные модели речевого сигнала обычно задаются в виде динамической системы, возбуждаемой гауссовским случайным процессом. Динамическая система называется порождающей системой (ПС), так как в ней формируется речевой сигнал. Сигнал возбуждения также считается порождающим, если система обратима, а сигнал возбуждения — гауссовский некоррелированный случайный процесс. Такой метод представления случайных процессов является методом обновляющего процесса [8].

ПС чаще всего представляет собой линейную систему (ЛС) со случайными параметрами либо с постоянными параметрами на коротком промежутке времени. В первом случае имеем линейную параметрическую модель, во втором — линейную модель с локально-постоянными параметрами. Известны также нелинейные модели речеобразования [2].

Модель преобразователя речи на основе локально-постоянной модели речеобразования, получившая наибольшее распространение в технических приложениях, представлена на рис. 1, где W — система, взвешивающая во времени речевой сигнал (реализует функцию «окна», выделяет сегмент входного сигнала с квазистационарными параметрами); $\overline{a_i}$ — вектор вычисленных параметров; $x_i(t)$ — взвешенный РС на i-м сегменте; В — вычислитель, оценивающий параметры РС на i-м сегменте; ЛСС и ИВС — ЛС и источник возбуждения (ИВ) синтезатора, параметры которых определяются вектором $\overline{a_i}$; $\xi'(t)$ — сигнал возбуждения ЛСС; $x'(t)$ — синтезированный РС.

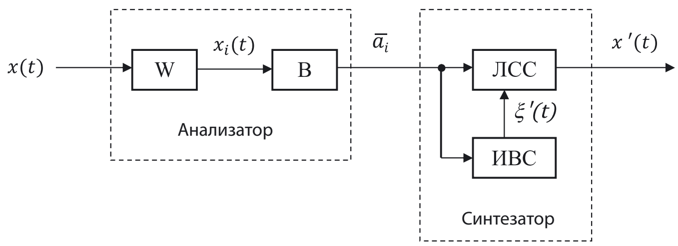

Рис. 1. **Модель преобразователя речи на основе локально-постоянной модели речеобразования**

Такая модель не отражает процессы преобразования параметров a_i в сигнал-параметры передачи, процессы кодирования и сжатия параметров, процессы передачи по каналу связи, декомпрессии и декодирования параметров, свойственные вокодерной передаче речи, но является удобным средством для оптимизации характеристик преобразователя.

Следует отметить, что скорость передачи параметров $\overline{a_i}$ может быть существенно ниже скорости передачи сигнала $x_i(t)$ при всех известных способах кодирования формы сигнала.

Преобразование случайных процессов в модели образования и преобразования речи. Процесс на выходе ЛС модели речеобразования описывается интегралом Дюамеля [9]:

$$x(t)=\int_{-\infty}^{\infty}h(t,\tau)\xi(\tau)d\tau, \qquad (1)$$

где $h(t,\tau)$ — импульсная переходная функция ЛС (реакция системы в момент времени t на дельта-импульс, приложенный в момент времени τ); $\xi(\tau)$ — сигнал возбуждения ЛС.

Текущий спектр k-й усеченной реализации случайного процесса (текущий по Пейджу спектр [10]) имеет вид

$$S_T^{(k)}(\omega,t)=\int_{\frac{-T}{2}}^{t}x_T^{(k)}(t_1)e^{-j\omega t_1}dt_1=$$
$$=\int_{\frac{-T}{2}}^{t}\int_{-\infty}^{+\infty}h^{(k)}(t_1,\tau)\xi^{(k)}(\tau)e^{-j\omega t_1}dt_1d\tau, \qquad (2)$$

где $x_T^{(k)}(t_1)=\begin{cases}x^{(k)}(t_1),\ |t_1|\le T/2;\\ 0-\text{в противном случае};\end{cases}$

$\xi^{(k)}(\tau), h^{(k)}(t,\tau)$ — k-е реализации случайного действительного сигнала возбуждения и случайной передаточной функции ЛС соответственно.

Запишем спектр сигнала $x_i^{(k)}(t)$ после «окна» W с весовой функцией $w(t_i-t)$ в виде

$$S_i^{(k)}(\omega,W)=\int_{-\infty}^{\infty}w(t_i-t)\int_{-\infty}^{\infty}h^{(k)}(t,\tau)\xi^{(k)}(\tau)e^{-j\omega t}dtd\tau, \qquad (3)$$

где t_i — середина временного интервала i-го сегмента (фрейма).

Мгновенный энергетический спектр нестационарного случайного процесса на выходе ЛС модели речеобразования определим по формуле

$$\phi(\omega,t)=\lim_{T\to\infty}\phi_T(\omega,t),$$

где $\phi_T(\omega,t)=2\frac{d}{dt}m_1\left\{\left|S_T^{(k)}(\omega,t)\right|^2\right\}$; $m_1\{\ldots\}$ – символ усреднения по множеству реализаций случайного процесса.

Выразим $\phi_T(\omega,t)$ через передаточную функцию ЛС:

$$H(\omega,t)=\int_{-\infty}^{\infty}h(t,\tau)e^{j\omega(t-\tau)}d\tau.$$

Если случайный процесс $\xi(t)$ и случайная переходная функция ЛС $h(t,\tau)$ статистически независимы, причем сигнал возбуждения $\xi(t)$ представлен стационарным случайным процессом с равномерным на всех частотах энергетическим спектром N_0 («белым шумом»), то мгновенный энергетический спектр усеченной реализации нестационарного случайного процесса на выходе ЛС, возбуждаемой «белым шумом», определяется выражением

$$\phi_T(\omega,t)=2\frac{d}{dt}m_1\left\{\left|S_T^{(k)}(\omega,t)\right|^2\right\}=$$
$$=\frac{N^o}{2\pi}\int_{-T/2}^{t}\int_{-\infty}^{+\infty}B(\omega_1,-\omega_1,t_1,t)e^{j\omega_1(t-t_1)}e^{-j\omega(t-t_1)}dt_1d\omega_1, \qquad (4)$$

где $B(\omega_1-\omega_1,t_1,t)=m_1\left\{\mathring{H}(\omega_1,t_1)\mathring{H}^*(-\omega_1,t)\right\}$ — корреляционная функция от аргументов ω и t;

$\mathring{H}(\omega,t)=H(\omega,t)-m_1\{H(\omega,t)\}$ — центрированная передаточная функция.

Аналогично энергетический спектр на выходе ЛС модели на i-м сегменте (фрейме) $x_i(t)$ длительностью Δt, выделенным «окном» W с весовой функцией $w(t_i-t)$ ($W\in\{W_k\}$ — множество допустимых «окон») равен

$$F_i(\omega,W)=\frac{2}{\Delta t}m_1\left\{\left|S_i^{(k)}(\omega,W)\right|^2\right\}=$$
$$=\frac{N_0}{2\pi}\frac{1}{\Delta t}\int_{-\infty}^{\infty}w(t_i-t_1)\int_{-\infty}^{\infty}w(t_i-t_2)\times \qquad (5)$$
$$\times\int_{-\infty}^{\infty}B(\omega_1,-\omega_1,t_1,t_2)\mathrm{e}^{-j\omega(t-t_1)}\mathrm{e}^{-j\omega(t_1-t_2)}dt_1dt_2d\omega_1.$$

Для прямоугольного «окна» W_1 длительностью Δt ($W=W_1(\Delta t)$)

$$w_1(t_i-t)=\begin{cases}1,|t_\mathrm{i}-t|\le\Delta t/2;\\ 0-\text{в противном случае};\end{cases}$$

$$F_i[\omega,W_1(\Delta t)]=\frac{N_o}{2\pi\Delta t}\int_{t_i-\Delta t/2}^{t_i+\Delta t/2}\int_{t_i-\Delta t/2}^{t_i+\Delta t/2}\int_{-\infty}^{\infty}B(\omega_1,-\omega_1,t_1,t_2)\times \qquad (6)$$
$$\times e^{j\omega_1(t_1-t_2)}dt_1dt_2d\omega_1.$$

Полученные выражения (4)—(6) устанавливают соотношения между случайными процессами в модели образования и преобразования РС. Для решения задачи оптимизации характеристик модели требуется задание статистических характеристик передаточной функции РС.

Каноническое разложение нестационарной линейной модели речеобразования. Для решения задачи оптимизации модели образования и преобразования речи воспользуемся методом канонических разложений Карунена-Лоэва нестационарных ЛС, заданных в функциональном комплексном гильбертовом пространстве L_2.

Известно [11], что центрированная передаточная функция $\mathring{H}(\omega,t)=H(\omega,t)-m_1\{H(\omega,t)\}$ может быть представлена в виде

$$\mathring{H}(\omega,t)=\sum_{k=0}^{\infty}\mathring{h}_k\,\mu_k^{-\frac{1}{2}}\theta_k(\omega,t), \qquad (7)$$

где $\mathring{h}_k$ — независимые комплексные случайные числа с $m_1=\left\{\mathring{h}_k\right\}=0$ и $m_1\left\{\left(\mathring{h}_k\right)^2\right\}=1$; $\theta_k(\omega,t)$ и μ_k — собственные функции и собственные числа линейного интегрального уравнения

$$\theta(\omega,t)=\mu\int_T\int_\Omega B(\omega,\omega',t,t')\theta(\omega',t')d\omega'dt', \qquad (8)$$

T и Ω — области изменения параметров t и ω.

Если ядро уравнения (8) разделяется по переменным ω, ω', t, t', что подтверждается экспериментальными данными, т.е. $B(\omega,\omega',t,t')=B_1(\omega,\omega')B_2(t,t')$, то

$$\theta_k(\omega,t)=\Psi_{k_1}^*(\omega)\varphi_{k_2}(t),\ \mu_k=\nu_{k_1}\lambda_{k_2},\ \mathring{h}_k=\mathring{h}_{k_1,k_2},$$

где $\{\Psi_{k_1}(\omega)\}_1^\infty$, $\{\nu_{k_1}\}_1^\infty$, $\{\varphi_{k_2}(t)\}_1^\infty$, $\{\lambda_{k_2}\}_1^\infty$ — соответствующие системы собственных функций и собственных чисел (положительно определенных) линейных интегральных уравнений с ядрами $B_1(\omega,\omega')$ и $B_2(t,t')$ (индекс $k=(k_1,k_2)$ в разложении (7) трактуется как двухкомпонентный). В этом случае

$$\overset{\circ}{H}(\omega,t)=\sum_{k_1}\sum_{k_2}\overset{\circ}{h}_{k_1,k_2}\left(\nu_{k_1}\lambda_{k_2}\right)^{-1/2}\Psi^*_{k_1}(\omega)\varphi_{k_2}(t).$$

Если детерминированные функции $g_i(\omega)$, эквивалентные $\Psi_{k_1}(\omega)$, получены на основе физических представлений, то применимо разложение [11]:

$$\overset{\circ}{H}(\omega,t)=\sum_j\sum_k\sum_i\overset{\circ}{h}_k(\lambda_k a_{ij})^{-1/2}\varphi_{jk}(t)g_i^*(\omega), \qquad (9)$$

где $\left\{\varphi_{jk}(t)\right\}_{k=1}^{k=\infty}$, $\{\lambda_k\}_1^\infty$ — системы компонент собственных вектор-функций и собственных чисел линейного интегрального уравнения с матричным ядром $B_{ij}(t,t')$, $i,j=\overline{1,m}$; а $\left\{g_i(\omega)\right\}_{i=1}^{i=\infty}$, $\left\{a_{ij}\right\}_1^\infty$ — системы компонент собственных вектор-функций и собственных чисел линейного интегрального уравнения с матричным ядром $B_{ij}(\omega,\omega')$, $i,j=\overline{1,m}$;

$$a_{ij}=\int_\Omega g_i(\omega)g_j^*(\omega)d\omega,$$

причем

$$a_{ij}=\begin{cases}0, & i\neq j;\\ 1, & i=j.\end{cases}$$

Оценка корреляционной функции $B_2(t,t')$ приведена в [12].

Решая интегральное уравнение Фредгольма с ядром $B_2(t,t')$ [13]:

$$\varphi(t')=\lambda\int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}}B_2(t,t')\varphi(t)dt,$$

получаем две линейно-независимые системы собственных функций $\varphi_k^{(1)}(t)$ и $\varphi_k^{(2)}(t)$ с одной и той же системой собственных чисел λ_k.

В [4] экспериментально установлены функции $g_i(\omega)$, эквивалентные собственным функциям $\psi_i(\omega)$, и числа a_i, эквивалентные собственным числам ν_i, используемые в разложении модуля передаточной функции ЛС

$$\left|H(\omega,t)\right|^0=\left|H(\omega,t)\right|-m_1\left\{\left|H(\omega,t)\right|\right\} \qquad (10)$$

как решение системы уравнений

$$\psi(\omega_i)=\nu_i\sum_n K(\omega_i,\omega_n)\psi_n(\omega_n)\beta(\omega_n), \qquad (11)$$

где $K(\omega_i,\omega_n)$ — корреляционная матрица; $\beta(\omega_n)$ — весовая функция, учитывающая слуховое восприятие.

Система уравнений (11) является дискретным аналогом линейного интегрального уравнения с ядром $B_1(\omega,\omega')$.

С учетом того что функции $g_i(\omega)$ и числа a_i установлены для (10), передаточную функцию ЛС следует представить в виде $H(\omega,t)=\left|H(\omega,t)\right|e^{jQ(\omega,t)}$, где $Q(\omega,t)$ является фазочастотной характеристикой ЛС.

При известной нечувствительности слуха к фазовым искажениям [5] можно считать, что $H(\omega,t)$ имеет линейную фазу, т.е. $\left|H(\omega,t)\right|=H(\omega,t)$, тогда $\overset{\circ}{H}(\omega,t)=\left|H(\omega,t)\right|^\circ$.

Подставляя системы собственных функций $\varphi_k(t)$ и $g_i(\omega)$ и собственных чисел λ_k и a_i, полученные по результатам [4] и [12], в разложение (9), записываем каноническое разложение в комплексной форме ЛС модели:

$$\overset{\circ}{H}(\omega,t)=\frac{1}{2}\sum_{k=-\infty}^{\infty}\sum_{i=-m}^{m}\overset{\circ}{h}_k\left(\frac{1}{\sqrt{\pi}}e^{\frac{k^2}{4}}i^2\right)^{-\frac{1}{2}}\times$$
$$\times\exp j\left(k\sqrt{\delta}\,t-i\frac{2\pi\omega}{\omega}-\frac{\pi}{2}\right), \qquad (12)$$

где $\delta=4{,}35$ — параметр корреляционной функции $B_2(t,t')$, полученный экспериментально [11].

Данное разложение может быть использовано при решении задачи оптимизации моделей преобразования речи во временной и частотной областях.

Оптимизация модели преобразования речи с помощью канонических разложений. Оптимизация характеристик модели преобразования речи требует выбора критерия сравнения случайных процессов на входе и выходе модели.

Учитывая структуру моделей слухового восприятия, меру близости процессов обычно выбирают в пространстве энергетических характеристик [1]. В нашем случае нестационарный случайный процесс характеризуется мгновенным энергетическим спектром $\phi(\omega,t)$, стационарный — энергетическим спектром $F_i(\omega,w)$. В качестве меры близости выберем суммарную энергию погрешности аппроксимации [14] в областях T_0 и Ω_0 изменения t и ω соответственно:

$$E(W)=\sum_i\int_{\Omega_0}\int_{T_0}\left|\phi(\omega,t)-F_i(\omega,W)\right|d\omega dt. \qquad (13)$$

Критерием в этом случае может быть относительная ошибка аппроксимации

$$\rho(W)=\frac{E(W)}{E_o},$$

где

$$E_0=\int_{\Omega_0}\int_{T_0}\phi(\omega,t)d\omega dt.$$

Если восстановление средних значений $H(\omega,t)$ не вызывает трудностей, оптимизацию характеристик модели можно проводить по центрированным спектрам:

$$\tilde{\phi}(\omega,t)=\Phi(\omega,t)-\frac{1}{T_0}\int_{T_0}\phi(\omega,t)dt$$

и

$$\widetilde{F}_i(\omega,W)=F_i(\omega,W)-\frac{1}{m}\sum_j F_j(\omega,W),$$

$$m=\left[\frac{T_0}{\Delta t}\right],\ \sum j=m,$$

где $[\ldots]$ — целая часть числа, $\Delta t\ll T_0$.

Тогда критерий можно представить выражением

$$\tilde{\rho}(W)=\frac{\tilde{E}(W)}{\tilde{E}_o}=\frac{\sum_i\int_{\omega_0}\int_{T_0}\left|\tilde{\phi}(\omega,t)-F_i(\omega,w)\right|d\omega dt}{\int_{\omega_0}\int_{T_0}\tilde{\phi}(\omega,t)d\omega dt}, \qquad (14)$$

где для нахождения значений $\tilde{\phi}(\omega,t)$ и $\tilde{F}_i(\omega,w)$ воспользуемся каноническим разложением ЛС.

Подставив разложение (12) в (4) и (5) и с учетом того, что

$$m_1\left\{\mathring{h}_k\,\mathring{h}_l\right\}=\begin{cases}1, & k=l,\\ 0, & k\neq l,\end{cases}$$

получим

$$\tilde{\phi}_T(\omega,t)=$$

$$=\frac{N_o}{2\pi}\int\limits_{-T/2}^{t}\int\limits_{-\omega_o}^{\omega_o}\sum_{k,i,n}\lambda_k^{-1}(a_ia_n)^{-\frac{1}{2}}\varphi_k(t)\varphi_k(t_1)g_i^*(\omega)g_n(\omega_1)\times \qquad (15)$$

$$\times e^{j\omega_1(t-t_1)}e^{-j\omega(t-t_1)}dt_1d\omega_1.$$

Аналогично

$$\tilde{F}_{T,i}(\omega,W)=\frac{N_0}{2\pi\Delta t}\int\limits_{-T/2}^{T/2}w(t_i-t_1)\int\limits_{-T/2}^{T/2}w(t_i-t_2)\times$$

$$\times\int\limits_{-\omega_0}^{\omega_0}\sum_{k,i,n}\lambda_k^{-1}(a_ia_n)^{-\frac{1}{2}}\varphi_k(t_1)\varphi_k(t_2)\times \qquad (16)$$

$$\times g_i^*(\omega_1)g_n(\omega_1)e^{j\omega_1(t_i-t_1)}e^{-j\omega(t_i-t_2)}dt_1dt_2d\omega_1,$$

причем Ω_0 и T_0 в (13) не должны превышать интервалов ортогональности $g_i(\omega)$ и $\varphi_k(t)$.

Оптимизация функции «окна» в модели преобразования речи. Одной из задач, возникающих при разработке преобразователей речи, является оптимизация функции «окна» $w(t_i-t)$. Наилучшую функцию, в случае ее существования, можно найти из условия

$$W_{\text{opt}}=\arg\min\tilde{\rho}(W),\quad W\in\{W_k\}, \qquad (17)$$

где $\{W_k\}$ — множество функций «окна», удовлетворяющих принятым ограничениям, например на допустимую задержку, физическую осуществимость и т.п.

Условие (17) приводит к вариационной задаче отыскания минимума функционала (14) при принятых ограничениях. Частным случаем этой задачи является оптимизация длительности Δt «окна» W при его заданной форме.

Наибольшее распространение в преобразователях речи получили «окна» Хемминга, Кайзера, «приподнятый косинус», Дольфа-Чебышева и прямоугольное «окно» [5].

Для простоты вычислений исследуем зависимость погрешности аппроксимации в классе прямоугольных «окон» $W=W_1(\Delta t)$ как функцию Δt: $\rho(W)=\rho_1(W_1(\Delta t))$. Подставив разложение (12) (4), получим выражение для $\tilde{\phi}_{T,0}(\omega,t)$. Из (6), (12) и (16) при $i=0$ определяем оценку для $\tilde{F}_{T,0}(\omega,W)$.

Подстановкой приведенных выражений для $\tilde{\phi}_T(\omega,t)$ и $\tilde{F}_{T,O}(\omega,W)$ в (14) получено выражение для относительной ошибки аппроксимации в зависимости от длительности прямоугольного «окна» Δt:

$$\tilde{\rho}_1[W_1(\Delta t)]=\frac{\tilde{E}[W_1(\Delta t)]}{\tilde{E}_0}. \qquad (18)$$

Результаты расчетов по (18) при $T/2=1$ с, $T_0=100$ мс, $\omega_0=2\pi\cdot3500$ представлены на рис. 2, где линии 1, 2 и 3 показывают относительную ошибку аппроксимации в общем случае для $k=0$ и $(i-n)=0$ соответственно.

Как видно из рисунка, минимальная ошибка аппроксимации соответствует $\Delta t\sim23$ мс. Уменьшение Δt приводит к довольно резкому возрастанию ошибки за счет искажения стационарного спектра, определяемого сверткой передаточной функции «окна» с передаточной функцией ЛС. Эта ошибка аппроксимируется линией 2, полученной для передаточной функции, неизменной во времени. Увеличение Δt приводит к почти линейному возрастанию ошибки за счет погрешности аппроксимации изменений передаточной функции во времени, линия 3 соответствует передаточной функции, постоянной по частоте, но переменной во времени. Изменение темпа речи отражается на параметре δ уравнения (12). Линия 4 получена при $\delta=9$ и характеризует погрешность аппроксимации при увеличении темпа речи.

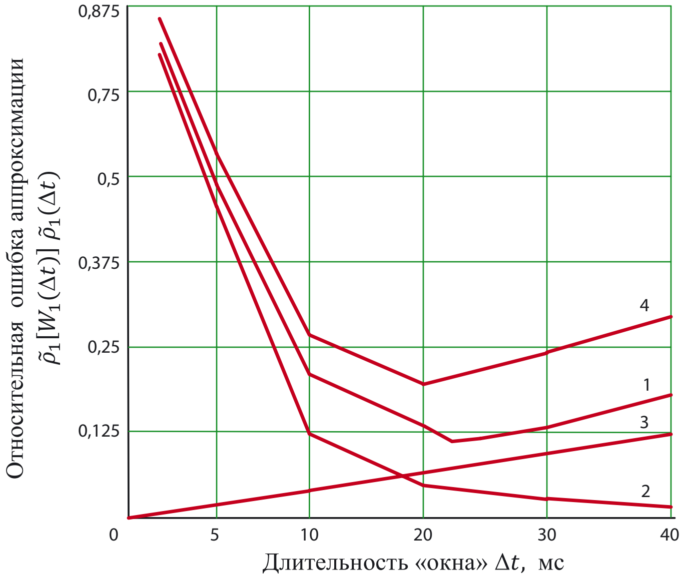

Рис. 2. **Результаты расчетов по (18)**

Результаты расчетов могут быть уточнены при использовании собственных функций частотного базиса, определяемых с учетом слухового восприятия.

Заключение. Разработанный метод оптимизации временных характеристик модели преобразования речи на основе локально-постоянной модели речеобразования позволяет оптимизировать параметры временных «окон» в системах параметрической передачи речи, распознавания речи, т.е. теоретически рассчитать оптимальное «окно» и количественно сравнить характеристики известных «окон»: Хемминга, Кайзера и т.д.

Оптимальная длительность прямоугольного «окна», полученная в работе, аналитически подтверждает экспериментальные данные [6].

Разработанный метод намечает подход к оптимизации преобразователей речи в целом. Совершенствование метода может быть направлено на уточнение критерия путем введения весовой функции, учитывающей слуховое восприятие.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Шелухин О.И., Лукьянцев Н.Ф.** Цифровая обработка и передача речи.— М.: Радио и связь, 2000.
2. **Назаров М.В., Прохоров Ю.Н.** Методы цифровой обработки и передачи речевых сигналов. — М.: Радио и связь, 1985.
3. **Ланнэ А.А., Арбузов С.М., Таланов А.О.** Исследование моего голоса. Методические рекомендации к курсовому проектированию.— СПбГУТ, 2005.
4. **Кожуховская И.А.** Определение оптимальных сигнал-параметров вокодерных систем с полосными анализаторами // Электросвязь — 1974.— № 1.— С. 69–71.
5. **Прохоров Ю.Н.** Статистические модели и рекуррентное предсказание речевых сигналов.— М.: Радио и связь, 1984.
6. **Рабинер Л.Р., Шафер Р.В.** Цифровая обработка речевых сигналов/ Пер. с англ. / Под ред. Ю.Н. Прохорова, М.В. Назарова.— М.: Радио и связь, 1981.

7. Цифровая обработка сигналов и изображений в радиофизических приложениях / Под ред. В.Ф. Кравченко.— М.: Физматлит, 2007.
8. **Кайлат Т.** Метод порождающего процесса в применении к теории обнаружения и оценки // ТИИЭР, 1970.— Т. 58.— С.82–99.
9. **Левин Б.Р.** Теоретические основы статистической радиотехники.— М.: Сов. радио, 1966.— Т. 1.
10. **Page C.H.** Instantaneous power spectra // Journal of Applied Physics. 1951.— V. 23, № 1.— P. 103–106.
11. **Амосов А.А.** Канонические разложения нестационарных линейных статистических каналов.— В кн.: V Всесоюзная конф. по теории кодирования и передачи информации. Разд. 1.— М., Горький, 1972.— С. 6–11.
12. **Бауман Э.Д., Мартынов В.С.** Корреляционная функция, энергетический спектр и информационная емкость огибающих речевого сигнала // Техника средств связи.— Сер. ТПС.— 1976.— Вып. 9.— С. 36–43.
13. **Привалов Н.И.** Интегральные уравнения.— М.: Гостехиздат, 1937.
14. **Маркел Д.Ж., Грей А.Х.** Линейное предсказание речи / Пер. с англ. /Под ред. Ю.Н. Прохорова, В.С. Звездина.— М.: Связь, 1980.

Получено 29.07.11

ПОЗДРАВЛЯЕМ ПРЕЗИДЕНТА МАС АНАСТАСИЮ ПЕТРОВНУ ОСИТИС

Первого ноября отмечает свой юбилей президент Международной академии связи, президент ОАО «АСВТ», заслуженный работник связи Российской Федерации, доктор философии, профессор Анастасия Петровна Оситис.

Как инициатор и идеолог развития перспективных направлений в области инфокоммуникаций А.П. Оситис снискала уважение всего телекоммуникационного сообщества, заслужила признание в государственных, научных, деловых и общественных кругах России и за рубежом.

За плечами Анастасии Петровны солидный багаж знаний и большой трудовой путь. Закончив в 1969 г. Витебский электротехникум связи БССР, она продолжила образование в Ленинградском электротехническом институте связи им. проф. М.А. Бонч-Бруевича (сегодня это СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича), обучалась на факультете печати при МГУ им. М.В. Ломоносова, в Академии народного хозяйства и Российской академии госслужбы при Президенте РФ.

Многолетняя производственная деятельность Анастасии Петровны началась с должности электромеханика связи в Кохтла-Ярвенском эксплуатационно-техническом узле связи (Эстония). Почти 20 лет она проработала в МГТС, где прошла путь от инженера до заместителя начальника производства, занимаясь эксплуатацией станционного оборудования, а также экспертизой проектов, подготовкой технических заданий, в том числе рабочей документации для обеспечения средствами связи спортивных сооружений Олимпиады-80. Под ее руководством разрабатывались концепции развития отрасли связи. А.П. Оситис внесла свой вклад в становление российского рынка телекоммуникаций: она входит в число учредителей компании «Мобильные телесистемы», возглавляет ОАО «АСВТ».

Анастасия Петровна является автором многочисленных публикаций по вопросам ИКТ. Ее заслуги отмечены многочисленными наградами, в том числе орденом Дружбы, орденом «Слава России», благодарностью Президента РФ за заслуги в области связи и многолетний добросовестный труд.

Редколлегия и редакция журнала «Электросвязь» желают Анастасии Петровне здоровья, успехов на поприще руководителя МАС, а также сохранить активную жизненную позицию на долгие годы.

***

Знаковым подарком для Анастасии Петровны Оситис к юбилею стала высокая оценка возглавляемой ею Международной академии связи со стороны Международного союза электросвязи, который, кстати, готовится в следующем году отметить свой 150-летний юбилей. Первого октября 2014 г. в МСЭ состоялась торжественная церемония **вручения Международной академии связи Почетного сертификата за активное участие в работе МСЭ** и в содействии реализации проектов по развитию электросвязи и инфокоммуникационных технологий.

В своем выступлении директор Бюро развития электросвязи МСЭ г-н Брахима Сану подчеркнул крупный вклад 10-летней работы МАС в деятельность МСЭ и пожелал Академии новых успехов в реализации целей тысячелетия и построении глобального информационного общества.

В церемонии награждения приняли участие члены президиума МАС А. Галаев и В. Судовцев.

В свою очередь, А. Оситис отметила заслуги Женевского отделения МАС, на заседании которого были подведены итоги работы за I полугодие и намечены основные направления деятельности на 2014 и 2015 гг. Академики МАС А. Галаев, Ю. Гринь, М. Джонсон, А. Налбандян, В. Судовцев, В. Тимофеев и другие подчеркивали активное участие МАС в работе МСЭ. В статусе почетного гостя на мероприятии присутствовала директор департамента инноваций и партнерства МСЭ-D г-жа Е. Ким.

Президент МАС А. Оситис от имени Президиума Международной академии связи наградила руководителя Женевского отделения МАС В. Судовцева, а также В. Тимофеева Серебряным орденом почета МАС. Благодарность Академии за свою деятельность получил Ю. Гринь.

А.П. Оситис и Брахима Сану

Награда к Почетному сертификату МСЭ