

Вирази (1) – (6) по суті складають математичну модель управління процесом захисту інформації. Математична модель є заданою, якщо визначено всі її елементи, тобто всі множини командних та інформаційних сигналів – X, Y, Z, R, W, U , фактори впливу – Ξ, Φ , та оператори відображень (функціональних перетворень) – $P, C_0, C_i, F_0, F_1, F_2$. В цій моделі, з точки зору її реалізації, значна увага приділяється експертним судженням та оцінкам. У такому контексті виникають такі задачі.

1. Прийняття управлінських рішень на рівні локальних систем управління $C_1, C_2, \dots, C_n$ (формування сигналу управління $u \in U$) та на рівні координатора C_0 (формування сигналу координації $k \in K$).
2. Вироблення узгодженої оцінки результативності захисту інформації $\hat{r} = G_R(u, x, z, y)$ та зрілості процесу захисту інформації $\hat{z} = G_Z(u, \xi, \varphi)$.
3. Оцінювання вагомості показників зрілості z та результативності r .
4. Побудова та ідентифікація моделей походження даних для оцінювання зрілості $G_Z(\bullet)$ та результативності $G_R(\bullet)$.
5. Оцінка ефективності управління ПЗІ.

IV Висновок

Впровадження вимог сучасних міжнародних стандартів з управління інформаційною безпекою вимагає розроблення та дослідження моделей системи управління. Модель системи управління, що запропонована в роботі, може виступати основою для впровадження в практику захисту інформації вимог стандарту ISO/IEC 27001. Відмінною рисою моделі є виділення двох контурів управління – контуру управління за результативністю та контуру управління за зрілістю. Така структура управління дозволяє контролювати як результати виконання заходів захисту, так і якість (ефективність) досягнення цих результатів. Система управління процесом захисту інформації може розглядатися як дворівнева багатоцільова система, формалізацію якої надано вище. Розроблення моделі дало змогу сформулювати задачі управління, які мають розв'язуватися під час прийняття управлінських рішень.

Отримані моделі є розвитком теорії захисту інформації у напрямку моделювання управління інформаційною безпекою.

Перспективними напрямками досліджень є вирішення задач вироблення узгодженої оцінки результативності захисту інформації на різних ланках управління, а також оцінки рівня зрілості процесів захисту інформації, що спирається на сукупність кількісних показників зрілості.

Література: 1. ISO 9001:2008. Quality management systems – Requirements 2. ISO/IEC 27001:2005. Information technology. Security techniques. Information security management systems. Requirements 3. Деминг В. Едвард. Выход из кризиса. – Тверь: Альба. 1994. 4. Москвин В. А. Управление качеством в бизнесе: Рекомендации для руководителей предприятий, банков и риск-менеджеров. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 384 с. 5. Бинкин Б. А. Эффективность управления: наука и практика. – М.: Наука, 1982. 6. Теория систем и методы системного анализа в управлении и связи/ В. Н. Волкова, В. А. Воронков, А. А. Денисов и др. – М.: Радио и связь, 1983. 7. Клиланд Д., Кинг В. Системный анализ и целевое управление. – М.: Сов. радио, 1974. 8. В. Г. Елиферов, В. В. Репин. Бизнес-процессы. Регламентация и управление. – М. Инфра-М, 2005. – 319 с. 9. М. Месарович, Д. Мако, И. Такахага. Теория иерархических многоуровневых систем – М.: Мир, 1973. – 344 с. 10. Потій О. В. Сутність категорії „зрілість” та змістовна модель зрілості процесів захисту інформації//Прикладная радиоэлектроника. Тематический выпуск, посвященный проблемам обеспечения безопасности информации. Т.5, 2006. - № 1. – С. 139-147.

УДК 621.327.12

СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПЕРЕДАЧИ ЭНЕРГИИ РЕЧЕВОГО СИГНАЛА

Владимир Журавлёв

Запорожский национальный технический университет

Анотація: Запропонована математична модель генерації та прийому мовного сигналу (МС), яка пояснює протиріччя адекватності сучасних теорій мовнослухового процесу. Модель базується на

синергетичному аналізі співвідношення швидкості переносу енергії інформаційних складових МС у лінії зв'язку $\langle v_s \rangle$ до середньої квадратичної швидкості носіїв енергії речовини каналу зв'язку $\langle v \rangle$ – молекул повітря. Проведені теоретичні, розрахункові та експериментальні дослідження, які непрямо підтверджують синергетичні властивості МС.

Summary: To explain contradictions of imperfect adequacy of speech and hearing process theories the math model of speech signal (SS) energy generation and receiving is posed. The model is based on synergic analysis of SS informational components in communication channel energy transfer speed $\langle v_s \rangle$ and communication channel energy substance carriers – air molecules average quadratic speed $\langle v \rangle$ ratio. Theoretical, estimating and experimental researches, which indirect prove the SS synergic properties, were carried out.

Ключові слова: Мовна система, сигнал мови, сигнал кінем, дискретна математична модель модуляції сигналу мови, дискретний вихор.

I Введение. Постановка проблемы

В современной науке о речеслуховом процессе фундаментальным понятием, введенным Гельмгольцем в 1863 г. [1], является «тоновая (частотная) чувствительность» слуха (Tonempfindungen, нем.). Под термином «тон» Гельмгольц понимал частотную составляющую сложного звука (волнового пакета). Ключевое гносеологическое понятие «частотная (спектральная) чувствительность» определяет головные параметры, адекватность и направление развития современных моделей речеслухового процесса.

Фундаментальные общепризнанные исследования речевой и слуховой систем человека основываются на гармоническом (спектральном) представлении речевого сигнала (РС) в полосе тональных частот (ТЧ), его акустических и электрических моделях [2 – 5]. Эти модели адекватны природным процессам в качестве первого приближения, в котором анализируются объемные акустические параметры РС, в частности – давление и плотность вещества линии связи. Аналитическим критерием адекватности моделей является информационное расстояние между функциями спектральной плотности мощности природного и модельного реализаций аллофонов фонем РС. Также общепризнано [6], что они не удовлетворяют критерию оценки «природности» звучания (заметное информационное расстояние) и противоречат фактам экспериментальных исследований свойств слуха [7, 8]. Последнее, в сумме с дискретным импульсным психофизиологическим методом обработки звуковых сигналов биообъектами [9, 10], позволяет говорить о неполной адекватности современных аналоговых гармонических моделей природному речеслуховому процессу.

Применяя синергетический подход [11], основываясь на очевидном факте переноса речевыми сигналами $s(t)$ со скоростью звука v_s массы m вещества линии связи и фундаментальном свойстве движущейся массы обладать энергией $E_s(t)$, дополним понятие Гельмгольца свойством чувствительности слуха к **энергии** частотных составляющих сложного звука. Это дополнение не изменяет сущности существующих (работающих!) моделей и методов обработки и исследования РС, однако направляет познание и изучение речеслухового процесса как метода передачи энергии $E(t)$ сигнала $s(t)$ от передатчика (диктора) к приемнику (аудитору). Данный подход обязывает применение фундаментальных понятий физики – энергии E , массы m и скорости v её перемещения в канале связи, а также основного закона – сохранения энергии, соответствие последнему будет определять адекватность моделей анализа исследуемого процесса.

Целесообразно [12, 13], в качестве критерия второго приближения принять отношение осреднённой скорости фактического переноса энергии информационных составляющих $s(t)$ РС в канале связи $\langle v_s \rangle$ к средней квадратичной скорости элементарных носителей энергии вещества линии связи $\langle v \rangle$ – молекул воздуха, обладающих массой m_m , (где символ $\langle \dots \rangle$ – среднее по ансамблю).

Таким образом, **объектом исследований** является физически однородная термодинамическая система линии связи (вещество линии – воздух) передачи речевых сигналов. **Предмет исследований** – функциональные зависимости физических параметров объекта исследований, влияющие на критерий приближения $\frac{\langle v_s \rangle}{\langle v \rangle}$. **Целью исследований** является улучшение адекватности модели речеслухового процесса

передачи информации $I(t)$ по акустическому каналу связи. Анализ критерия приближения будем проводить, основываясь на законах синергетики [14], молекулярной физики и феноменологической термодинамики [15], т. е. будем искать общие закономерности передачи и преобразования энергии в речеслуховой системе.

II Основная часть

Изменение параметра энергии $E_s(t)$ в веществе линии связи во времени определяет информацию $I(t) = f[E_s(t)]$ речевого сигнала $s(t)$. Основываясь на свойстве низкочастотности функции информации РС (минимальное время звучания фонемы $T_p > 60 \text{ мс}$), представим речевой процесс в виде математической модели модуляции несущего сигнала $s_g(t)$ модулирующей функцией $I(t)$

$$\begin{aligned} s(t) &= Md[I(t), s_g(t)], \\ s_g(t) &= f(t, a_i), i \in 1...n, \end{aligned} \quad (1)$$

где: $Md[...]$ – оператор модуляции, a_i – параметр, определяющий форму несущего сигнала. Современные модели речеслуховой системы [2] рассматривают процесс речеобразования на базе понятий классической аэродинамики, т. е. анализируют осреднённые в некотором объеме V вещества линии связи параметры градиента скорости $\vec{v}(x, y, z, t)$, давления $\vec{p}(x, y, z, t)$ и плотности $\rho(x, y, z, t)$. Учитывая, что эти параметры связаны между собой и акустоэлектрические преобразователи чувствительны к изменениям градиента давления, выражение (1) можно представить в виде $s(t) = Md[I(t), \vec{p}(x, y, z, t)]$.

Анализ метода определения объемной скорости звука. В связи с тем, что средняя квадратичная скорость элементарных носителей энергии вещества линии связи $\langle v \rangle$ – молекул воздуха, обладающих массой m_m , известна [15] и определяется (при постоянной температуре $T^0 = \text{const}$) исходя из фундаментальной формулы энергии молекул $E_m = \frac{3}{2} kT^0 = \frac{m_m \langle v \rangle^2}{2}$, где $T^0 = \text{const}$ – температура газа по Кельвину, k – постоянная Больцмана, проведем анализ существующего [16] подхода определения *объемной* скорости звука $\langle v_s \rangle$ в воздухе.

Считается, что адекватный метод определения скорости звука, *без учета процессов, происходящих в передатчике и приемнике звуковых волн*, предложил Лаплас. В основе метода лежит свойство сжимаемости газа линии связи, т. е. изменение градиента плотности $\rho(x, y, z, t)$ и, соответственно, объема $V(t)$ под действием градиента разности давления $\vec{p}(x, y, z, t)$, т. о. $\rho(x, y, z, t) = f[\vec{p}(x, y, z, t)]$. Основываясь на отношении длины волны звуковых сигналов к длине свободного пробега молекул воздуха, метод предполагает, что термодинамические процессы в звуковой волне описываются законом адиабаты, т. е. $pV^\gamma = \text{const}$, где γ – показатель адиабаты газа линии связи. Считается, что потенциальная энергия разности температур $E(\Delta \bar{T}^0)$, где $\Delta \bar{T}^0$ – градиент температуры между зонами давления и разряжения звуковой волны, пренебрежительно мал и не оказывает существенного влияния на процессы передачи энергии. Механизм распространения градиента давления $\vec{p}(x, y, z, t)$ осуществляется путем передачи энергии молекул газа из области давления в область разряжения вдоль оси x распространения звука путем последовательной передачи *объемного* количества движения $\vec{K}(x, t)$.

Динамика движения звуковых волн предполагает, что физические явления, происходящие в элементарном объеме вещества линии связи, обладают следующими свойствами.

1. Смещение молекул $\chi(x, t)$ по оси распространения звука определяет плотность $\rho(x, t) = f[\chi(x, t)]$ вещества канала.

2. При изменении плотности изменяется давление $p(x, t) = f[\rho(x, t)]$.

3. Неравномерное распределение давления вызывает движение газа.

С учетом этих свойств выводится волновое уравнение:

$$\frac{\partial^2 \chi(x, t)}{\partial x^2} = \frac{1}{v_s^2} \frac{\partial^2 \chi(x, t)}{\partial t^2}, \quad (2)$$

которое описывает процесс распространения звука в газах и положено в основу современных моделей речеобразования и слуха в виде уравнения Вебстера. Был сделан вывод, что скорость звука определяется выражением:

$$v_s^2 = \frac{dp(x, t)}{d\rho_0(x, t)}, \quad (3)$$

где $\rho_0(x, t)$ – плотность газа, не содержащего сигнал $s(t)$. Она связана со средней квадратичной скоростью молекул $\langle v \rangle$ газа через коэффициент $\gamma/3$, определяемый адиабатической постоянной

$$\langle v_s^2 \rangle = \frac{\gamma}{3} \langle v^2 \rangle. \quad (4)$$

С учетом того, что значение адиабатического коэффициента находится в интервале $1 < \gamma < 2$, осреднённая скорость звука меньше средней квадратичной скорости молекул, что *противоречит* принципам Ферма [17] о минимизации времени переноса энергии и Гамильтона [15] наименьшего действия.

Основываясь на очевидном факте переноса энергии $E(t)$ звуковыми волнами РС $s(t)$ учтем второе приближение, заключающееся в анализе отношения $\frac{\langle v_x \rangle}{\langle v \rangle}$, где $\langle v_x \rangle$ – скорость передачи количества движения молекулы газа по оси x линии связи, т. е. соответствует скорости звука.

В соответствии с первым началом термодинамики внутренняя энергия $E(t)$ вещества линии связи, передающего энергию $E_s(t)$ сигнала $s(t)$ методом переноса количества движения $\vec{K} = m\vec{v}$ элементарных носителей, определяется суммой $E(t) = E_s(t) + E_0(t)$, где $E_0(t)$ – внутренняя энергия стохастического движения носителей «пустого» канала. Предположим, что энергия $E_s(t)$ постоянна на некотором интервале времени Δt . Следуя Фейнману [16, с. 164], который доказал (4), представим массу единичного объема V газа, переносящего энергию $E_s(t)$, как $m = \rho_s(x, t)V$. Получим:

$$E = \frac{\rho_s(x, t)Vv_s^2}{2} > \frac{\rho_0(x, t)V\langle v^2 \rangle}{2}, \quad (5)$$

где $\rho_s(x, t)$ – плотность единичного объема вещества линии с сигналом $s(t)$ по оси x , а $\frac{\rho_s(x, t)V\langle v_s^2 \rangle}{2}$ – его энергия. Подставим (4) в (5). Получим:

$$\frac{\rho_s(x, t)V\left(\frac{\gamma}{3}\right)\langle v^2 \rangle}{2} > \frac{\rho_0(x, t)V\langle v^2 \rangle}{2}, \quad (6)$$

откуда можно сделать вывод, что при введении энергии $E_s(t)$ в линию связи для параметра плотности его вещества должно соблюдаться неравенство

$$\rho_s(x, t) > \frac{3}{\gamma} \rho_0(x, t), \quad (7)$$

Анализ (3) – (7) позволяет сделать вывод о факте скачкообразного изменения параметра плотности $\rho(x, t)$ на величину коэффициента $\frac{3}{\gamma}$ при введении в линию связи *любого количества* энергии $E_s(t)$ сигнала $s(t)$.

Проведем анализ изменения энергии молекулы газа (при $T^0 = \text{const}$), передающей, в соответствии с современной теорией, количество движения $\vec{K}(x, \Delta t_s) = m_m \langle \vec{v}_s \rangle (x / \Delta t_s)$, где: m_m – масса молекулы, Δt_s – время её свободного пробега по оси x линии связи, $\langle v_s \rangle$ – обусловленная дополнительной энергией $E_s(t)$ скорость, осреднённая на интервале времени Δt_s . Заметим, что сама постановка этой задачи содержит *противоречие*, т. к. увеличение скорости на $\langle \vec{v}_s \rangle$ даёт суммарную скорость молекул по оси x , равную $\langle \vec{v}_s \rangle + \langle \vec{v} \rangle$, что влечёт увеличение температуры T^0 вещества линии связи, а это противоречит как положениям Лапласа о постоянстве теплового потенциала, так и фактам экспериментальных исследований.

В соответствии с законом [15] распределения энергии по степеням свободы, на каждую степень (по осям x, y, z) приходится энергия, равная $\frac{1}{2}kT^0$. По аналогии с анализом, проведенным Фейнманом [16, с. 162], запишем выражение (3) для скорости звука в единичном объеме V линии связи $v_{sx}^2 = \frac{p(x, t)V}{\rho_s(x, t)V}$. С учетом

того, что $p(x,t)V = NkT^0$, где N – количество молекул газа, вовлеченных в процесс передачи энергии сигнала, $\rho_s(x,t)V = Nm_m$ – масса газа, получим $v_{sx}^2 = \frac{\gamma NkT^0}{Nm_m} = \frac{\gamma kT^0}{m_m}$. Отсюда следует, что энергия молекулы E_m , которая переносит энергию сигнала вдоль оси x линии связи, определяется как:

$$\begin{aligned} E_m &= \frac{m_m v_{sx}^2}{2} = \frac{\gamma}{2} kT^0, \\ 2 &> \gamma > 1, \\ \frac{3}{2} kT^0 &> E_m > \frac{1}{2} kT^0 \end{aligned} \quad (8)$$

и опять-таки содержит *противоречие*, т. к. показывает либо на уменьшение температуры T^0 единичного объема линии связи, что влечет за собой уменьшение скорости $\langle v \rangle$, либо на изменение распределения энергии по дробному количеству степеней свободы. В модели Лапласа температура постоянна, т. о. необходимо анализировать процесс изменения параметра количества степеней свободы, целочисленное изменение которого объясняется [15] изменением *энергии* единичного объема вещества. Можно сделать вывод, что введение энергии в акустическую линию связи изменит количество степеней свободы некоторой совокупности молекул, переносящих энергию сигнала.

Механизм изменения количества степеней свободы (8) поясняют базовые положения синергетики [14], основываясь на которых можно предложить следующую гипотезу.

- Процесс передачи энергии $E_s(t, \Delta t) = const$, $t \in [\Delta t]$ по каналу связи инициирует синергетический фазовый переход первого рода, изменяющий параметры механизма движения совокупности молекул некоторой массы m (определяющей энергию $E_s(t, \Delta t)$) вещества линии связи по осям x, y и z . Этот процесс объединяет («совместное действие» в терминах синергизма) две степени свободы (y, z) векторов скоростей $\langle \vec{v}_{x,y,z} \rangle$ теплового движения таким образом, что молекулы начинают передавать момент количества движения $\langle \vec{M}_m(x, y, z) \rangle = m_m \langle \vec{v} \rangle \langle \vec{r} \rangle$ по спиральной траектории радиуса $\langle r \rangle$ в направлении градиента давления $\vec{p}(x, \Delta t)$. Векторы количества движения $\vec{K}(y, z)$ в плоскости y, z объединяются в один вектор момента количества движения $\vec{M}_{y,z}(\omega_x, r, t)$, который вращается с круговой частотой $\langle \vec{\omega}_x \rangle$ (линейной скоростью $\langle \vec{v}_{y,z} \rangle$), определяя энергию вращательного движения $E_{s(\omega)}(t, \Delta t)$ цилиндра радиуса $\langle r \rangle$ с массой m и моментом инерции J_x .

- Скорость звука $\langle \vec{v}_s \rangle = \langle \vec{v}_x \rangle$, определяемая в соответствии с выражением (3), определяет энергию $E_{s(v)}(t, \Delta t)$ поступательного движения количества движения $\vec{K}(x, \Delta t)$ и является групповой скоростью волнового пакета $s(t, \Delta t)$, внутри которого существуют процессы вращательного движения в плоскости y, z .

- Объединяющим энергетическим параметром волнового пакета является скорость переноса количества движения $\vec{K}_{x,y,z}(m, \langle \vec{v} \rangle, t)$, которая постоянна (при $T^0 = const$) и, в соответствии с принципом Ферма, должна соответствовать средней квадратичной скорости молекул $\langle \vec{v} \rangle$ вещества линии связи.

- Плотность потока энергии на интервале времени Δt постоянна и определяется потенциальной энергией градиента давления $\vec{p}(x, t, \Delta t)$ и максимальной скоростью v её переноса в канале связи.

- Обобщающие выражения для: закона сохранения энергии:

$$\begin{aligned}
 \langle E_s(t, \Delta t) \rangle &= \text{const}, t \in [\Delta t], \\
 \langle E_s \rangle &= \langle E_{s(v_x)}(t, \Delta t) \rangle + \langle E_{s(\omega_{y,z})}(t, \Delta t) \rangle, \\
 \langle E_{s(v_x)}(t, \Delta t) \rangle &= \frac{m \langle v_x^2(t, \Delta t) \rangle}{2}, \\
 \langle E_{s(\omega_{y,z})}(t, \Delta t) \rangle &= \frac{J_x(t, \Delta t) \langle \omega_x^2(t, \Delta t) \rangle}{2}
 \end{aligned} \quad (9)$$

закона распределения энергии по степеням свободы:

$$\begin{aligned}
 \langle E_{s(v)}(t, \Delta t) \rangle &= \langle E_{s(\omega)}(t, \Delta t) \rangle = 0,5 \langle E_s(t, \Delta t) \rangle, \\
 \langle \vec{v}_x(t, \Delta t) \rangle &= \text{const}, \\
 \langle \vec{\omega}_x(t, \Delta t) \rangle &= \text{const}, \\
 \langle \vec{v}(t, \Delta t) \rangle &= \langle \vec{v}_x(t, \Delta t) \rangle + \langle \vec{v}_{y,z}(t, \Delta t) \rangle, \\
 \langle \vec{v}_{y,z}(t, \Delta t) \rangle &= \langle \vec{\omega}_x(t, \Delta t) \rangle \langle r_{tr}(t, \Delta t) \rangle,
 \end{aligned} \quad (10)$$

условия формирования векторов скоростей:

$$\begin{aligned}
 \langle \varphi_v(t, \Delta t) \rangle &= \arccos \left[\frac{1}{\langle \gamma(t, \Delta t) \rangle} \right] \\
 \langle v_x(t, \Delta t) \rangle &= \langle v(t, \Delta t) \rangle \cos \langle \varphi_v(t, \Delta t) \rangle, \\
 \langle v_{y,z}(t, \Delta t) \rangle &= \langle v(t, \Delta t) \rangle \sin \langle \varphi_v(t, \Delta t) \rangle
 \end{aligned} \quad (11)$$

где $\langle \varphi_v(t, \Delta t) \rangle$ – среднеквадратичное значение угла между векторами $\langle \vec{v}_x(t, \Delta t) \rangle$ и $\langle \vec{v}(t, \Delta t) \rangle$ скоростей движения молекул вещества линии связи, $\langle \vec{v}_{y,z}(t, \Delta t) \rangle$ – среднеквадратичное значение линейной скорости молекул.

Для доказательства гипотезы проведём расчет погрешности определения групповой (скорости звука) $\langle \vec{v}_x \rangle$ и фазовой $\langle \vec{v} \rangle$ скорости (11) движения молекул двухатомных газов в составе воздуха (азот – 78%, кислород – 21%, остальные – 1%). Результаты расчета представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты расчета погрешности определения групповой и фазовой скорости движения молекул

	Газ	$\langle \vec{v} \rangle$, м/с [15]	$\langle \vec{v}_s \rangle$, м/с $T^0 = 300^0 K$ $p = 101,3 кПа$ [18]	γ $T^0 = 300^0 K$, $p = 101,3 кПа$ [18]	$\langle \vec{v}_x \rangle =$ $\langle \vec{v} \rangle \cos \varphi_v$, м/с	Погрешно сть %
1	Водород Н ₂	1838	1303	1,405	1308	+0,38
2	Азот N ₂	493	349	1,401	352	+0,86
3	Кислород О ₂	461	329,7	1,396	330	+0,09

Значение погрешности расчета (<1%) позволяет допустить адекватность предложенной гипотезы для двухатомных газов и применить выражение (11) для синтеза модели движения газа в источнике речевого сигнала. Погрешность расчёта можно пояснить неточностью определения значения среднего квадрата скорости $\langle \vec{v} \rangle$ (неизвестны температура и давление, предположительно нормальные климатические условия) и использованием данных из разных источников информации.

Для анализа механизма переноса энергии $E_s(t)$ звукового сигнала $s(t)$ веществом линии связи рассмотрим синергетические процессы его синтеза, происходящие в передатчике речевой системы. Значения физических параметров речеслуховой системы будем брать из источников, в которых наиболее полно отражены факты экспериментальных исследований: Фланагана [2] – для процесса речеобразования и Бекеши [19] – для процесса слухового восприятия.

Синтез звуков. Рассмотрим процесс вокализации (синтеза) гласной фонемы, при котором энергетические параметры РС определяются потенциальной энергией $E_{\Delta p}$ градиента давления $\bar{p}(x,t)$ воздуха в лёгких, геометрией голосовых связок и архитектурой волновода речевого тракта.

Результаты экспериментальных исследований изменения физических параметров воздуха в объеме голосовых связок наиболее полно описаны Фланаганом. Проведя анализ механизма речеобразования автор неявно ставил под сомнение адекватность современной адиабатной модели; он отмечал, что:

- воздух в объеме связок работает в режиме «генератора тока» [2, с. 26], т. е. *потенциальная энергия градиента давления $\bar{p}(x,t)$ лёгких поглощается* в зоне связок и давление воздуха после связок равно атмосферному;
- амплитуда смещения связок и, следовательно, максимальная площадь отверстия S_s *удивительно мало* связана с интенсивностью (энергией) звука.

Для пояснения противоречий проведём расчет первого приближения физических и термодинамических параметров для объема воздуха, находящегося в активной зоне объема голосовых связок (ГС), для двух режимов работы речевой системы – тихой и громкой речи (табл. 2). Геометрическую модель ГС (рис. 1) на данном этапе анализа представим в виде круглого отверстия с эффективным радиусом $r_s = \sqrt{\frac{S_s}{\pi}}$, где S_s – площадь ГС, и глубиной $h_s = 3 \text{ мм}$.

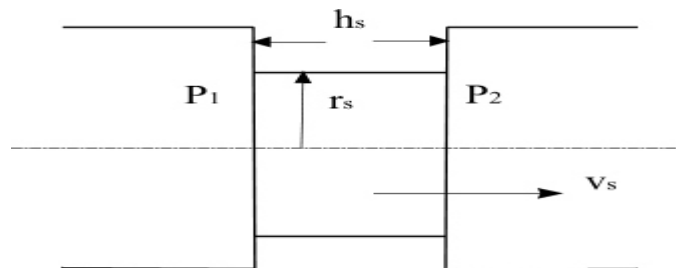


Рисунок 1 – Геометрическая модель голосовой щели

Таблица 2 – Энергетические параметры воздуха в объеме голосовых связок [2].

	Параметры	Тихая речь	Громкая речь
1	Давление, $\bar{p}(x,t) = (p_2 - p_1)$, см. вод. ст.	4	8
2	Поток за связками, v_s , см ³ /с.	400	700
3	Площадь голосовой щели, S_s , мм ² .	15	18
4	Время действия потока, τ_s , мс.	6	8

Под первым приближением будем понимать расчет объемных термодинамических параметров на базе понятий классической аэродинамики.

В табл. 3 представлены результаты расчета энергетических параметров воздуха в объеме голосовых связок по модели процесса речеобразования Фланагана для двух режимов (тихая и громкая речь) работы речевой системы.

Таблица 3 – Результаты расчета энергетических параметров воздуха по модели Фланагана

	Параметры воздуха в объеме голосовых связок	Тихая речь	Громкая речь
	1	2	3
1	Масса m , 10^{-9} , кг.	54,9	61,6
2	Потенциальная энергия разности давлений $p_2 - p_1$, Па, ($E_{\Delta p}$, 10^{-6} , Дж).	392 (18,82)	784 (37,64)
3	Объемная скорость $\vec{v}_V$, м/с.	25	41
4	Объемная кинетическая энергия E_s , 10^{-6} Дж.	17,1	46,2
5	Сила, создаваемая потенциалом давления $\vec{F}$, 10^{-3} Н	6,27	14,1

	1	2	3
6	Количество движения $\vec{K}$, 10^{-6} кгм/с	1,37	2,53
7	Импульс силы $\vec{F}$, 10^{-3} Н	11,41	34,65
8	Число Рейнольдса, Re , 10^3	4,7	9,1

Анализ модели процесса речеобразования Фланагана и результатов расчета её энергетических параметров позволяет сделать следующие выводы.

1. Не пояснены механизмы синтеза в речевой системе последовательных участков давления и разряжения газа, распространяющихся со скоростью звука $\langle \vec{v}_s \rangle$ вдоль оси волновода речевого тракта. Скорее наоборот, доказывается, что вся потенциальная энергия градиента давления $\vec{p}(x,t) = (\vec{p}_2 - \vec{p}_1)$ лёгких поглощается на рабочем участке щели ГС, площадь которого не влияет на энергию $E_s(t)$ выходного сигнала $s(t)$.

2. Выходным сигналом $s(t)$ модели является объемная скорость $v_v(t)$ воздуха, не равная скорости звука $v_{V_{\max}} \ll v_s$, и объемная кинетическая энергия $E_s(t)$ (строка 4, табл. 3), функции которых почти линейно изменяются на интервале времени τ_s работы ГС.

3. Не в полной мере (погрешность $\approx 22\%$) выполняется закон сохранения энергии (строки 2 и 4, табл. 3) и закон динамики (погрешность $\approx 240\%$) поступательного движения (строки 5 и 7, табл. 3).

4. Предыдущие выводы позволяют утверждать о неполной адекватности модели Фланагана.

5. Значение числа Рейнольдса Re (строка 8, табл. 2) значение которого, больше критического $Re = \frac{v_v r_s}{\nu} > Re_{kr} = 1800$ [3] (где ν – кинематическая вязкость воздуха [18]), подтверждает предложенную гипотезу и позволяет рассматривать главную роль турбулентных синергетических процессов в механизме генерации речевого сигнала, который синтезирует в объеме вещества линии связи вихревую турбулентную структуру,двигающуюся со скоростью звука.

Для доказательства гипотезы и изучения сущности процесса генерации и преобразования энергии в передатчике звука (речевой системе) проведём экспериментальные исследования временных реализаций речевого сигнала, синтезированного конкретным диктором, которые позволят обнаружить его *свойства*, описанные выражениями (9) – (11). Мы говорим свойства, т. к. все современные технические средства приема, преобразования и обработки РС предназначены для идентификации объёмных параметров (первого приближения) давления $\vec{p}(t)$ (плотности $\rho(t)$) в диапазоне полосы тональных частот (ТЧ).

Цель исследований. Экспериментально докажем, что сигнал $s_g(t)$ генератора (голосовых связок) передатчика обладает свойствами второго приближения (9) – (11) и модулируется (1) в процессе распространения по оси волновода речевой системы.

Методика исследований. Соберём следующую схему исследовательского стенда. Возьмем два одинаковых электретных микрофона (полоса частот по уровню минус 3дБ: $f_h = 100$ Гц, $f_l = 16000$ Гц) неравномерность в полосе ≈ 10 дБ), изолируем их от помех внешней среды и расположим: первый – на шее, возле ГС; второй – на выходе передатчика (1 см. от среза губ диктора). Расстояние между микрофонами по оси волновода – 17 см. В качестве РС будем исследовать вокализованную фонему «а»: волновод полностью открыт и представляет собой трубу с переменной площадью сечения. Запись сигналов будем проводить синхронно, в режиме стерео звукового процессора ПК: первый микрофон – правый канал (верхние графики), второй – левый (нижние графики). С целью получения максимальной точности результатов измерений мгновенных значений цифрового представления сигнала $s(t, \Delta t_d)$ во времени выберем, в соответствии с рекомендациями [20], максимальную частоту дискретизации АЦП звукового процессора $f_d = 192000$ Гц ($\Delta t_d = 5,2 \cdot 10^{-6}$ с) и количество уровней квантования 2^{16} . Графики временных реализаций РС на интервале времени начала генерации (выделено прямоугольником) приведены на рис. 2, интервал времени 0,0565 – 0,0670 с файла a_s111.wav (фонема «а»).

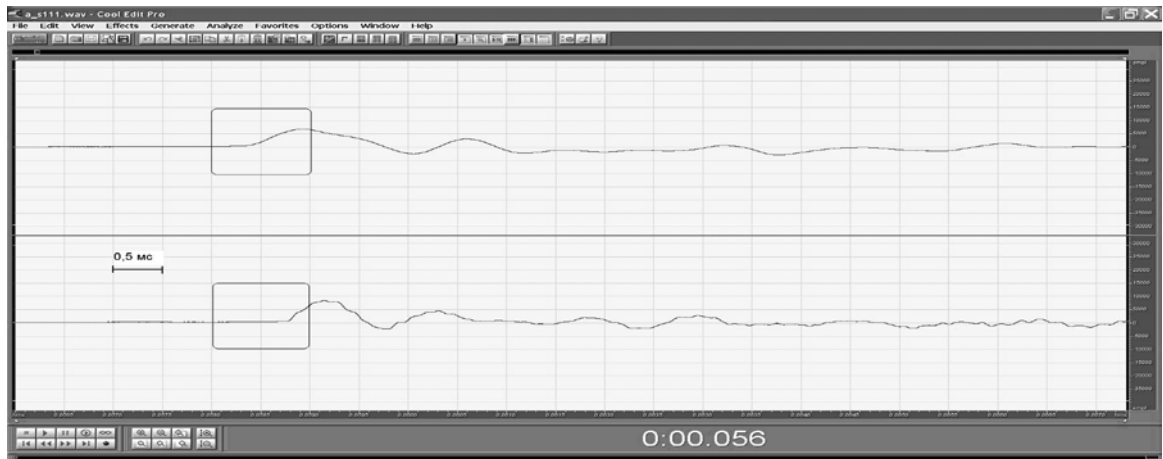


Рисунок 2 – Графики временных реализаций РС на интервале времени начала генерации фоновой

Анализ показывает, что сигнал микрофона 2 появляется через 0,5мс после появления сигнала микрофона 1, т. о. $v_s = 0,17 / 0,5 \cdot 10^{-3} = 340$ м/с, что, с учётом погрешности определения временных интервалов с экрана осциллографа ($\pm 20\%$), соответствует данным табл. 1.

Вывод 1. В объеме воздуха, который распространяется в волноводе с объемной скоростью $\approx 0,7$ м/с (≈ 30 м/с в объеме ГС), присутствует сигнал, переносящий энергию (принимаемую акустоэлектрическим преобразователем микрофона) РС со скоростью v_s звука.

Для определения свойств этого сигнала проведем анализ изменения его формы в процессе распространения по волноводу передатчика. Будем анализировать синхронность переноса экстремумов и изменения времени фронта τ_ϕ и среза τ_c сигнала. Графики для проведения анализа представлены на рис. 3, интервал времени (1,334–1,355) с файла a_s111.wav.

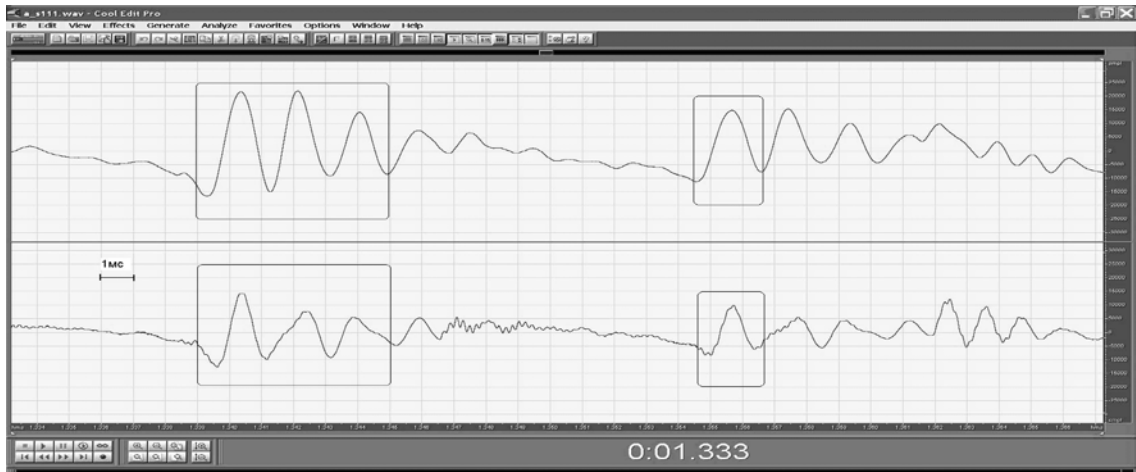


Рисунок 3 – Сравнительные графики процесса распространения сигнала по волноводу передатчика

Сравнительный анализ графиков показывает:

- сигнал генератора передатчика $s_g(t)$ опережает по фазе выходной сигнал в области высоких энергий (максимумы функции), он как бы двигается с более высокой скоростью $v_m > v_s \leq v$ в пределах интервалов времени Δt_n периода повторения между минимумами функции;
- в процессе перемещения сигнала по волноводу появились дополнительные высокочастотные сигналы (1,347–1,352) с и знакопеременная девиация минимума функции по оси времени (1,355–1,357) с.

Пояснение факта движения максимумов функций со скоростью, превышающей скорость звука, дано в работе Л. Д. Ландау [21, с. 460 – 466] для гидроакустических сигналов и развито в работе [22] для акустических приложений. Этот процесс анализируется как распространение ударной волны Римана, свойствами которой являются: распространение со средней скоростью звука, дискретность во времени и прямоугольность формы. Как первый, так и второй факт изменения формы можно определить как рассмотренный нами ранее процесс модуляции (1) сигнала генератора психофизиологическими низкочастотными, (3–60) Гц, сигналами $k(t, \Delta t)$ активных артикуляционных органов – кинемами [23]. Процессы изменения модуляционных параметров турбулентных потоков в части приложений к вопросам аэродинамики подробно рассмотрены в монографиях [24, 25], анализ их приложений к речеслуховым процессам является отдельной научной работой и выходит за рамки объекта исследований.

Передатчик сигнала $s_g(t)$ можно представить как генератор импульса постоянной энергии (9), которая поглощается чувствительным элементом (мембраной) акустоэлектрического преобразователя с постоянной времени $\tau_m \approx \frac{1}{f_h}$, где f_h – верхняя рабочая частота преобразователя. Электрическим аналогом передатчика является предложенный Фланаганом [2] «генератор тока».

Вывод 2. В приложении к объекту исследований можно представить РС (1) в виде $s(t, \Delta t) = Md[I(t), s_g(E_{s(v)}, E_{s(\omega)}, t, \Delta t)]$, где Δt – определяет дискретный интервал существования ударной волны, распространяющейся с осреднённой скоростью звука. В процессе внутримпульсной модуляции (1) в волноводе некоторые составляющие РС перемещаются со скоростью, превышающей скорость звука, т. е., наблюдается факт информационной девиации угла $\langle \varphi_v(t, \Delta t) \rangle$ (11).

При детальном анализе формы РС нами были обнаружены участки сигнала на интервале времени (0,7338–0,7341) с признаками ВЧ ($f_{\text{mod}} \approx 80000 \text{ Гц} \gg f_{\text{max ГЧ}}$) модуляции сигнала генератора $s_g(t, \Delta t)$, которые приведены на рис. 4. По нашему мнению, адекватность факта обнаружения невелика в связи с отсутствием технических предпосылок (для этих частот) классификации приборного состава эксперимента как измерительного комплекса. Однако факт нерегулярности появления признаков модуляции может служить основанием для утверждения его принадлежности генератору РС, а не процессам подвозбуждения схемных компонентов устройства обработки.

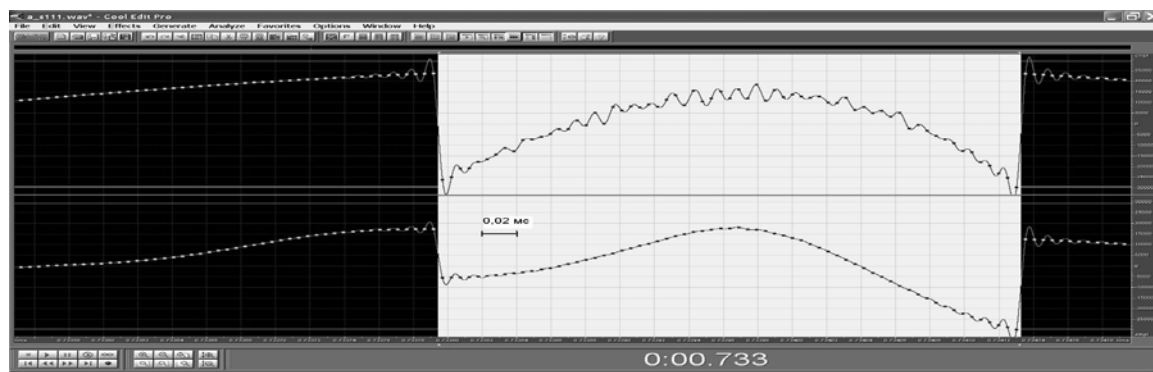


Рисунок 4 – Речевой сигнал генератора $s_g(t, \Delta t)$ с признаками ВЧ модуляции

Для полноты эксперимента нами был проведен анализ факта превышения скорости звука при распространении сигнала передатчика РС в канале связи. Для реализации этого эксперимента микрофон 1 был перемещен с шеи диктора в линию связи на расстояние 17 см от микрофона 2 приблизительно по оси волновода. Результаты представлены на рис. 5. Анализ эксперимента показывает, что в канале связи ударные волны передатчика, прошедшие модулирующий волновод, распространяются без превышения скорости звука.

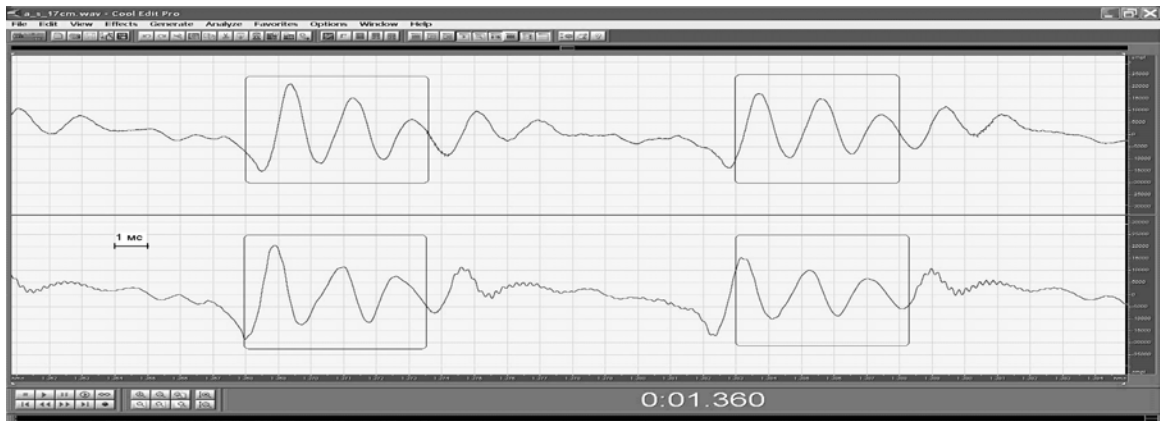


Рисунок 5 – Процесс распространения РС по линии связи

Вывод 3. В воздушном канале связи РС распространяется со скоростью звука, факт превышения скорости звука присущ этому сигналу в волноводе передатчика речевой системы и может рассматриваться как субъективный процесс внутриимпульсной модуляции угла $\varphi_v(t, \Delta t)$ (11) психофизиологическими сигналами кинем $k(t, \Delta t)$ диктора, что приводит к перераспределению энергии между составляющими поступательного и вращательного движения, т. о. $s(t, \Delta t) = Md[I(t), s_g(E_{s(v)}, E_{s(\omega)}, t, \Delta t)]$

$$\begin{aligned} s(t, \Delta t) &= Md[I(t), s_g(E_g, \varphi_v, t, \Delta t)] \\ \varphi_v(t, \Delta t) &= f[k(t, \Delta t)], t \in (\Delta t) \end{aligned} \quad (12)$$

Для подтверждения предыдущих выводов проведём оценочный расчёт энергетических параметров выходного сигнала генератора в соответствии с выражениями (7) – (11). Геометрическая модель ГС представлена на рис. 6 (слева). Свойство «оценки» определяется тем, что: при расчете не будем учитывать щелевую геометрию ГС и в связи с этим энергию и геометрию воронки сворачивания турбулентного потока; длину турбулентного цилиндра (рис. 6, справа) примем равной глубине ГС; функция плотности вероятности распределения массы вещества цилиндра подчиняется равномерному закону по всем осям. Полученные в результате такого расчёта значения параметров потока позволят оценить техническую и технологическую возможность приема энергии звуковых сигналов в слуховой системе человека.

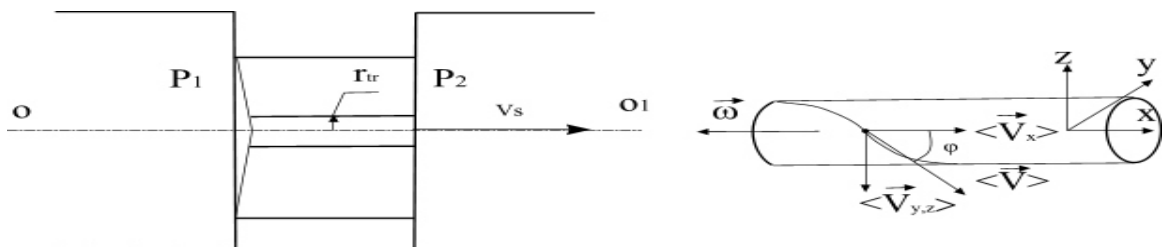


Рисунок 6 – Расчётная геометрия генератора турбулентного потока

Описание процесса синтеза информационной структуры вещества линии связи. При открытии связок под действием энергии градиента давления $\Delta \vec{p} = (\vec{p}_1 - \vec{p}_2)$ в объеме ГС происходит синергетический фазовый процесс (7) – (11) образования дискретного вихря;

- согласно первому началу термодинамики энергия E_s градиента давления $\Delta \vec{p}$ вводится в объем ГС и суммируется с его внутренней энергией;
- согласно принципу Ферма энергия E_s начинает перемещаться путем передачи количества движения $\vec{K}$ молекул по оси x ГС с максимальной скоростью (при $T^0 = 37^\circ C$), в результате чего молекулы вещества линии связи приобретают дополнительную энергию; этот процесс приводит к уменьшению энтропии (по Шеннону) объема ГС;
- согласно второму началу термодинамики происходит процесс увеличения энтропии (по Больцману) части молекул с массой m (по оси цилиндра), заключающийся в выравнивании их энергетических параметров;

■ выравнивание энергетических параметров осуществляется фазовым переходом первого рода (с образованием градиента температуры) изменения количества степеней свободы (8) и объединением количества движения части молекул (совместное действие) в энергоёмкую структуру – цилиндрический вихревой поток (рис. 6 справа), энергия которого передается спиральным движением молекул и определяется его моментом количества движения $\vec{M}_{x,y,z}(\vec{\omega}_{x,y,z}, \vec{r}_{x,y,z}, t)$;

■ в результате синергетического фазового процесса выполняется принцип Ферма – энергия $E_s(t, \Delta t)$ (9) градиента давления равномерно перераспределяется по двум степеням свободы (10) и переносится с максимальной скоростью $\langle \vec{v}_x \rangle$ (11), масса m молекул, переносящая энергию, обладает максимальной энтропией.

В таблице 4 представлены результаты расчета параметров цилиндрического вихревого потока воздуха в объеме голосовых связок для двух режимов (тихая и громкая речь) работы речевой системы.

Таблица 4 – Результаты расчета параметров цилиндрического вихревого потока воздуха

	Параметры вихревого потока в объеме голосовых связок	Тихая речь	Громкая речь
	1	2	3
1	Масса $\langle m \rangle$, 10^{-9} , кг.	0,16	0,43
2	Объем $\langle V \rangle$, 10^{-10} , м ³ .	1,4	3,7
3	Эффективный радиус $\langle r \rangle$, 10^{-4} , м.	1,22	2
4	Градиент температуры, $+\langle \Delta T^0 \rangle$, °C.	29,0	28,9
5	Момент инерции $\langle J_x \rangle$, 10^{-18} , кгм ² .	1,19	8,6
6	Угловая скорость $\langle \omega_x \rangle$, 10^6 1/с.	3,79	2,31
7	Длина волны $\langle \lambda_x \rangle$, 10^{-6} м.	87	142

Анализ расчета показывает:

■ эффективный радиус $\langle r \rangle$ (строка 3 табл. 4) и постоянная времени акустоэлектрических преобразователей $\tau_m \approx \frac{1}{f_l} \gg \frac{1}{\langle \omega_x \rangle}$ не позволяют современными техническими средствами [26]

идентифицировать информационный вихревой поток в объеме волновода речевой системы;

■ практически постоянный тепловой потенциал (строка 4 табл. 4) определяет процесс диссипации энергии РС в канале связи;

■ длина волны РС (по оси x линии связи) составляет десятые доли мм (строка 7 табл. 4), что поясняет многие противоречия [7] современной теории слуха, в частности, отсутствие ухудшения слуха при почти полном закрытии наружного слухового прохода между внешним и средним ухом.

Вывод 4. В объеме ГС происходит эндотермический фазовый процесс преобразования потенциальной энергии $E_{\Delta p}$ градиента давления $\vec{p}(x, t)$ лёгких в кинетическую энергию РС – вихревого потока вещества линии связи (4) – (12). Плотность потока энергии $E_s(t, \Delta t)$ выходного сигнала $s_g(t, \Delta t)$ генератора чувствительна к потенциальной энергии $E_{\Delta p}$ и максимальной скорости её передачи в канале связи $\langle v \rangle$, дискретна и на интервале времени существования Δt не зависит от площади поперечного сечения ГС (акустический аналог электрического «генератора тока», отмечено Фланаганом [2, с. 2]). Эффективный радиус $\langle r \rangle$ вихревого потока не позволяет идентифицировать его параметры на площади поперечного сечения волновода речевой системы, однако его энергия входит в интегральные (объемные) параметры, которыми оперируют современные модели речевого процесса. Информационная компонента РС определяется энтропией $H[s_g(t, \Delta t), T_p]$ энергии вращательного движения $E_\omega(t, \Delta t)$ на интервале времени активности фонемы $T_p, t \in [\Delta t] \in [T_p]$, идентификационная компонента – процессом внутримпульсной модуляции (12) в волноводе (вывод 2). Информационная компонента РС переносится со скоростью звука в веществе линии связи компонентой движения по оси x . Существующие средства измерений параметров

акустического сигнала с энергией (9) чувствительны к низкочастотной (полоса тональных частот) огибающей спектральной плотности мощности.

Для логической завершенности анализа гипотезы нами была доказана функциональная реализуемость приема в слуховой системе человека описанного выше речевого сигнала [27].

Считаем, что аналитическими, расчетными и экспериментальными методами косвенное доказательство гипотезы проведено. В дополнение к вышеприведенному можно добавить, что предложенная модель второго приближения поясняет большинство противоречий [8] современной теории речеслухового процесса, и, естественно, не является окончательной, т. к. в данной работе не раскрыты вопросы: механизма внутриимпульсной модуляции энергии в волноводе речевой системы, диссипации энергии РС в канале связи, демодуляции в психофизиологическом рецепторе улитки внутреннего уха, природной потенциальной и индивидуальной помехоустойчивости РС. При решении первых трёх задач необходимо искать третье приближение, объектом исследования которого должны быть функциональные зависимости параметров энергии (9) – (11) внутри интервала $\langle \dots \rangle$ осреднения.

Для полноты освещения задачи в рамках объекта исследований приведём краткое *состояние вопроса по подходам и методам исследования дискретных вихревых турбулентных течений.*

Большинство течений жидких и газообразных сред в природе и технике относятся к турбулентной, наименее изученной группе глубочайших явлений природы. Наибольший практический интерес в аэро- и гидродинамике (авиации, космонавтике, судостроении) представляют такие течения, которые соответствуют весьма большим числам Рейнольдса $Re=10^5 - 10^7$. За последние десятилетия достигнут значительный прогресс в изучении фундаментальных проблем турбулентности, чем обязаны, прежде всего, А. Н. Колмогорову и А. М. Обухова, их ученикам и последователям, а также их предшественникам Л. Ричардсону и Д. Тейлору. Согласно теории Колмогорова–Обухова, локальное строение мелкомасштабной развитой турбулентности в значительной степени описывается универсальными закономерностями. Доказано, что в области достаточно малых масштабов должен господствовать статистический универсальный режим, практически стационарный и однородный. В приложении к биообъектам существует иное мнение академика П. П. Гаряева [28]: процесс энергетического обмена описывается моделью Ферма – Паста – Улама, а свойство нестационарности параметров вихревых потоков определяется иррациональным отношением частот энергетических компонент в соответствии с теоремой Колмогорова – Арнольда – Мозера.

Противоречие мнений ведущих ученых указывает на гносеологическую проблему и незавершенность общей теории турбулентности, которая должна содержать не только качественное описание основных процессов, но и количественные соотношения, позволяющие определять турбулентные характеристики [29]. Несмотря на это, на вопросы, возникающие в связи с разнообразными техническими приложениями, требовались оперативные ответы – хотя бы и приближенные, но научно обоснованные. В результате стала интенсивно развиваться *полуэмпирическая теория турбулентности*, в которой, наряду с теоретическими закономерностями и расчетами, *используются экспериментальные данные*. Вклад в становление этого направления вихревой аэродинамики внесли такие ученые, как Г. Гельмгольц, Г. Пуанкаре Н. Е. Жуковский, А. С. Предводителев. В полуэмпирической теории турбулентности проблема рассматривается упрощенно, поскольку изучаются не все статистические характеристики, а только самые важные для оценки энергии вихря – в первую очередь средние скорости $\langle v_{x,y,z} \rangle$, $\langle \omega \rangle$ и их статистические моменты 1-го и 2-го порядков. Недостаток такого подхода прежде всего в том, что надо из эксперимента получать целый ряд данных для каждой группы конкретных условий, кроме того, эта теория основана на стационарных подходах (развитие процесса во времени не рассматривается), что сужает ее возможности. В соответствии с полуэмпирическим подходом академика С. М. Белоцерковского [29] практическая реализация моделирования нестационарных струйных течений осуществляется методом дискретных вихрей. При этом непрерывная по пространству и времени модель заменяется ее дискретным аналогом. Дискретизация по времени состоит в том, что процесс полагается изменяющимся скачкообразно в некоторые, определяемые системой, моменты времени. Дискретизация по пространству заключается в замене непрерывных вихревых слоев замкнутыми аэродинамическими системами вихревых элементов (вихревых нитей). Для практического решения задачи о движении турбулентных течений, как правило, вводится допущение о локальной изотропии механизма турбулентного перемешивания.

Таким образом, предложенный нами подход по сущности соответствует общепринятому в полуэмпирической теории турбулентности. Применяя его к предмету исследований логично, на этом этапе приближений, положить достаточность параметра адекватности предложенной модели, основанной на выводах, полученных косвенным методом.

III Выводы

Для пояснения противоречий и факта неполной адекватности современных теорий речеслухового процесса предложена математическая модель процесса генерации, распространения и приема энергии РС. Проведены теоретические, расчетные и экспериментальные исследования, *косвенно* (в связи с отсутствием технических средств для прямых измерений энергетических параметров сигналов турбулентного вихревого потока) доказывающие синергетические свойства речевого сигнала, которые заключаются в следующем.

1. В объеме голосовых связок речевой системы происходит синергетический фазовый термодинамический процесс преобразования потенциальной энергии давления воздуха в лёгких $\Delta p(t, \Delta t)$ в кинетическую энергию РС вихревого потока воздуха (4) – (11).

2. Энергия $E_s(t, \Delta t)$ выходного сигнала $s_g(t, \Delta t)$ генератора зависит от потенциальной энергии давления в лёгких $\Delta \bar{p}(t, \Delta t)$, максимальной скорости $\bar{v}$ переноса момента количества движения $\bar{M}_{x,y,z}(\bar{v}, m, \bar{r}, t)$ в воздухе, детерминирована на интервале времени существования Δt и дискретна во времени t .

3. Информационная компонента РС дискретна и определяется энергией вращательного движения $\langle E_\omega(t, \Delta t) \rangle$ молекул воздуха в объеме речевой системы на интервале времени активности фонемы $T_p, t \in [\Delta t] \in [T_p]$. Непрерывный процесс модуляции (1), (12) этой энергии кинемами диктора в речевой системе определяет его идентификационную компоненту.

4. Информационная компонента РС $\langle E_\omega(t, \Delta t) \rangle = f[\omega_x(t, \Delta t)]$ переносится со скоростью звука $\langle v_s \rangle$ компонентой поступательного движения $\langle E_x(t, \Delta t) \rangle = f[v_s(t, \Delta t)]$. В процессе внутриимпульсной модуляции в речевой системе некоторые составляющие РС могут перемещаться со скоростью, превышающую скорость звука, т. е. наблюдается факт модуляции угла $\phi_v(t, \Delta t)$.

5. Положительным эффектом предложенной модели может служить факт пояснения большинства противоречий традиционной теории речеслухового процесса.

Литература: 1. Helmholtz H. von, Die Lehe von Tonempfindungen. Brannschweig, Vieweg, 1863. 2. Фланаган Дж. Анализ, синтез и восприятие речи [Текст] / Дж. Фланаган. Пер. с англ./ Под ред. А.А.Пирогова. – М.: Связь, 1968. – 396 с. 3. Сапожков М. А. Вокодерная связь [Текст] / М.А.Сапожков, В.Г.Михайлов. – М.: Радио и связь, 1983. – 248 с. 4. Вокодерная телефония. Методы и проблемы [Текст] / Под ред. А. А. Пирогова. – М.: Связь, 1974. – 536 с. 5. Калинин Ю. К. Разборчивость речи в цифровых вокодерах [Текст] / Ю. К. Калинин. – М.: Радио и связь, 1991. – 220 с. 6. Галунов В. И. Помехоустойчивость как системообразующий фактор речи. Проблемы и методы экспериментально-фонетических исследований [Текст] / В. И. Галунов. – СПб.: 2002, 327с. 7. Цвикер Э. Ухо как приемник информации [Текст] / Цвикер Э., Фельдкеллер Р. /Пер. с нем. под ред. Б. Г. Белкина. – М.: Связь, 1971. – 225с. 8. Журавлев В. Н. Анализ противоречий теорий речеобразования и слуха с позиции идентификации информационных параметров и характеристик речевых сигналов [Текст] / В. Н. Журавлев, А. Е. Архипов. Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія № 2(9), – Вінниця. 2007, С. 180 – 185. 9. Психоакустические аспекты восприятия речи. Механизмы деятельности мозга [Текст] / Под. ред. Н. П. Бехтеревой. – М.: Наука, 1988. – 504 с. 10. Чистович Л. А. Физиология речи. Восприятие речи человеком [Текст] / [Чистович Л. А., Венцов А. В., Гранстрем М. П. и др.] – Л.: «Наука», 1976. – 388 с. 11. Журавлев В. Н. Анализ процессов энергоинформационного обмена в системах маскирования речи [Текст] / В. Н. Журавлев. Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 3 (56). – Том 2. – Дніпропетровськ, 2008. ISSN 1562-9945. С. 145 – 149. 12. Кастерин Н. П. Обобщение основных уравнений аэродинамики и электродинамики. (Доклад на особом совещании при Академии Наук 9 декабря 1936 г. Издательство Академии наук СССР Москва – 1937 г.). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vixri.ru/?p=146>. – свободный. Название с экрана. 13. Кулигин В. А. Фазовая скорость, групповая скорость и скорость переноса энергии [Текст] / В. А. Кулигин, Г. А. Кулигина, М. В. Корнева. ННТ, 2002. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.n-t.org/tp/ns/fs.htm. – свободный. Название с экрана. 14. Николис Г. Самоорганизация в неравновесных системах [Текст] / Г. Николис, И. Пригожин. – М.: Мир, 1979. – 512 с. 15. Кузьмичёв В. Е. Законы и формулы физики [Текст] / В. Е. Кузьмичёв. – К.: Наук. думка, 1989. – 864 с. ISBN 5-12-000493-8. 16. Фейнман Р. Фейнмановские лекции по физике. Кинетика. Теплота. Звук [Текст] / Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс. Вып 4. Том 4. – М.: Мир, 1965. – 260 с. 17. Фейнман Р. Фейнмановские лекции по физике. Излучение. Волны. Кванты [Текст] / Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс. Вып 3. Том 3. – М.: Мир, 1965. – 238 с. 18. Таблицы физических величин. Справочник [Текст] / Под ред. акад.

И. К. Киконина. – М.: Атомиздат, 1976. – 1008 с. 19. Бекеши Г. Механические свойства уха. [Текст] / Г. Бекеши, В. А. Розенблит. В кн. Экспериментальная психология (том 2). – М.: Издательство иностранной литературы, 1963. – 1035 с. 20. Журавлев В. Н. Анализ влияния частоты дискретизации на точность цифровой обработки речевых сигналов в системах биометрической идентификации [Текст] / В.Н.Журавлев. Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні. – 2005. – № 10. – С. 51–57. 21. Ландау Л. Д. Теоретическая физика: Учебное пособие. В 10т. Т VI Гидродинамика. 3-е изд., перераб. [Текст] / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – М.: Наука, Гл. ред. физ-мат. лит. 1986. – 736 с. 22. Дружинин Г. А. Нелинейная акустика: Конспект лекций 1998–2001 гг. [Текст] / Кафедра радиофизики физич. ф-та СПбГУ; ред. А. Ю. Елисеев; СПб.: Физич. фак-т СПбГУ, 2002. [Электрон. ресурс] Режим доступа: <http://www.phys.spbu.ru>, свободный. Название с экрана.. 23. Журавлев В. Н. Анализ параметров модуляции информационных сверхнизкочастотных составляющих (кинем) речевого сигнала [Текст] / В. Н. Журавлев, А. Е. Архипов, И. В. Жуковичкий. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. Днепропетровск, – 2007. – № 12. – С. 235 – 238. 24. Белоцерковский С. М. Моделирование круглой турбулентной струи методом дискретных вихрей [Текст] / С.М.Белоцерковский, А. С. Гиневский, Н. В. Хлапов. ДАН. 1995. Т. 345, № 4. С. 479 – 482. 25. Алексеев С. В. Введение в теорию концентрированных вихрей [Текст] / С. В. Алексеев, П. А. Куйбин, В. Н. Окулов. – Новосибирск, Институт теплофизики СО РАН, 2003. – 504 с. 26. Электрические измерения неэлектрических величин [Текст] / А. М. Туричин и др. изд. 5-е, перераб. и доп. – Л.: «Энергия», 1975. – 576 с. 27. Журавлев В. Н. Анализ гипотезы фазовой чувствительности слухового рецептора [Текст] / В. Н. Журавлев, А. Е. Архипов. Міжнародна наукова конференція «Інтелектуальні системи прийняття рішень та прикладні аспекти інформаційних технологій». – Євпаторія, – 2007. – С. 133 – 135. 28. Гаряев П. П. Волновой генетический код [Текст] / П.П.Гаряев – М.: ИЗДАТЦЕНТР 1997. – 108 с. ISBN 5-7816-0022-1. 29. Белоцерковский О. М., Опарин А. М. Численный эксперимент в турбулентности. От порядка к хаосу [Текст] / О. М. Белоцерковский, А. М. Опарин. Изд. 2-е, доп. – М.: Наука, 2000. – 223 с.

УДК 631.15:006.83

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ПРИНЦИПІВ ПОБУДОВИ РАЦІОНАЛЬНОГО ПАКЕТУ НОРМАТИВНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ НАУКОВО-ДОСЛІДНИХ УСТАНОВ

Ніна Полякова, Ірина Лазько*

СВ ПДЮіДН СНУ імені Володимира Даля, *ДП «ІАП»

Анотація: Розроблено та обґрунтовано систему принципів, додержання яких дозволить з урахуванням проведеної кваліметричної оцінки формувати раціональний пакет нормативної документації системи управління якістю науково-дослідних установ.

Summary: Developed and proved are principles which will allow to form a rational package of the normative documentation for the quality management system of the research organisations taking into account carried-out qualimetric estimations.

Ключові слова: Нормативна документація, система принципів, система управління якістю, науково-дослідна установа, кваліметрична оцінка.

І Вступ

Практичний досвід роботи науково-дослідних установ (НДУ) (наприклад, ДП «ІАП», ДП «Хіміотехнологія», ПП «РРЛ») та результати досліджень, які наведено у [1] доводять, що результативність науково-дослідних робіт (НДР) та системи управління якістю (СУЯ) значною мірою залежить від якості перебігу процесу документування. При цьому, в роботах [2 – 4] показано, що пакет нормативної документації СУЯ НДУ, побудований з різних її типів та видів, які відрізняються за структурою та складом, формується, як правило, на розсуд розробника. Такий пакет, на нашу думку, не слід вважати досконалим, тому, що він не сприяє результативності та ефективності СУЯ, бо ґрунтується на принципах, які не завжди об'єктивно та достовірно відбивають політику суб'єкту господарювання в досягненні встановленої мети.

Наявність цілого ряду недоліків та розходжень, виявлених при аналізуванні пакетів нормативної документації СУЯ НДУ, потреба вдосконалення текстової частини НД в напрямку викладання та змісту,