

## **КОНТРОЛЬ ДОСТУПА АВИАДИСПЕТЧЕРОВ К ИНФОРМАЦИОННЫМ РЕСУРСАМ ПО ГОЛОСУ**

*В статье изложен подход к построению систем автоматического внутрисменного контроля доступа авиадиспетчеров к информационным ресурсам в режиме реального времени. Контроль заключается в перманентной аутентификации авиадиспетчеров и мониторинге их психофизиологического состояния по голосу.*

***Ключевые слова:** аутентификация авиадиспетчеров по голосу, параметризация речевых сигналов, мониторинг психофизиологического состояния.*

**Введение.** Снижение влияния человеческого фактора на безопасность полетов в авиации можно достичь путем обеспечения дистанционного автоматического внутрисменного контроля диспетчеров управления воздушным движением (авиадиспетчеров) в режиме реального времени [1-3]. Указанный контроль позволяет предотвратить доступ к информационным ресурсам людей, которые:

1) предпринимают попытку несанкционированно занять рабочее место авиадиспетчера;

2) находятся в ненадлежащем психофизиологическом состоянии (ПФС).

Под ПФС понимаются как различные эмоциональные состояния, так и состояния утомления, сонливости, тревоги, приводящие к включению регуляторных систем организма человека [1, 4] (неадекватные эмоциональные состояния, состояния утомления, сонливости, тревоги, являющиеся отклонениями от состояния нормы, могут привести к негативным последствиям во время выполнения профессиональных обязанностей) [5].

В качестве биометрического признака человека для проведения контроля предлагается использовать его голос [1, 2]. Контроль осуществляется по непрерывной слитной речи на основе анализа параметров речевого сигнала, фиксируемого во время аудиообмена авиадиспетчеров и членов летных экипажей.

В настоящей статье представлен подход к построению основных подсистем разработанной авторами системы контроля доступа (СКД), обеспечивающей дистанционный автоматический контроль авиадиспетчеров в режиме реального времени с учетом специфики их работы:

1) авиадиспетчер в процессе аудиообмена с членами летных экипажей пользуется нормативно установленной профессиональной фразеологией;

2) авиадиспетчер и члены летных экипажей обмен информацией ведут поочередно;

3) речь авиадиспетчера должна быть размеренной с ясным, четким выговариванием слов.

Специфической чертой, свойственной авиадиспетчерам, является стрессоустойчивость как результат специальной психологической подготовки. Кроме того, авиадиспетчеры должны быть абсолютно здоровыми людьми.

Задачи, решаемые разработанной СКД:

1. Оказание помощи администратору (старшему диспетчеру), осуществляющему визуальный контроль за действиями авиадиспетчеров, в предотвращении доступа к информационным ресурсам лиц, занявших рабочее место авиадиспетчера несанкционированно и находящихся в ненадлежащем ПФС, путем

подачи сигнала при обнаружении возможного нарушения (что особенно актуально при автономной работе авиадиспетчеров).

2. Отслеживание изменений ПФС оператора во время его работы.
3. Получение документального свидетельства о нарушении при расследовании причин аварий, аварийных ситуаций, летных происшествий.

### **Принципы построения основных подсистем разработанной системы контроля доступа**

Дистанционный контроль доступа авиадиспетчеров к информационным ресурсам проводится по речевым фрагментам, выделенным из непрерывной слитной речи диспетчера, с применением разработанной системы параметров речевых сигналов. В качестве указанных выделенных речевых фрагментов используются отдельные слова или словосочетания, входящие в состав профессиональной фразеологии авиадиспетчеров и представленные в разработанном словаре в виде векторов параметров.

По выделенным речевым фрагментам проводится аутентификация авиадиспетчера и мониторинг его ПФС.

Такой подход позволяет свести задачу аутентификации и определения ПФС человека по непрерывной слитной речи к задаче аутентификации и определения ПФС по отдельным командам.

Основными подсистемами разработанной СКД являются:

1. Подсистема выделения речевых фрагментов из непрерывной слитной речи.
2. Подсистема аутентификации авиадиспетчеров по выделенным речевым фрагментам.
3. Подсистема мониторинга ПФС авиадиспетчеров по выделенным речевым фрагментам.

Ниже описаны принципы построения указанных подсистем.

### **Построение подсистемы выделения речевых фрагментов из непрерывной слитной речи**

В основе работы подсистемы выделения речевых фрагментов (слов, словосочетаний) из непрерывной слитной речи лежит ее сегментация на фонемы и паузы с последующим поиском речевых отрезков, содержащих в себе определенное количество согласных фонем. Последнее обусловлено тем, что согласные звуки более информативны по сравнению с гласными.

Поочередный характер аудиообмена между авиадиспетчером и членами летных экипажей упрощает определение границ начала и окончания фраз, произносимых авиадиспетчером (например, о начале фразы авиадиспетчера можно судить по индивидуальным значениям частот основного тона участников аудиообмена или уменьшению уровня шума при включении в аудиообмен авиадиспетчера).

Проиллюстрируем принцип работы подсистемы на примере анализа спектрограммы слова «Переключитесь» (это слово является частью фразеологической команды «Переключитесь на высоту», которой часто пользуются авиадиспетчеры), изображенной на рис.1. Из рисунка видно, как указанное фразеологическое слово может быть представлено в виде последовательности фонем и пауз.

В полученной последовательности проводится распознавание согласных фонем, что позволяет распознать слово - по распознанным согласным «П»\_«Р»\_«К»\_«Л»\_«Ч»\_«Т»\_«С», следующим в определенном порядке, можно судить, что анализируемым распознаваемым словом является слово «Переключитесь». Даже при распознавании только фонем «К»\_«Л»\_«Ч»\_«Т» с большой вероятностью можно сказать, что этот речевой фрагмент соответствует именно указанному фразеологическому слову. После того, как в процессе сегментации были определены границы начала, и окончания фонем, оставшиеся (первоначально нераспознанные) фонемы могут быть вставлены интуитивно по принципу кроссворда. Такой подход позволяет сократить время распознавания фразеологического слова и избавиться от

необходимости распознавания фонем, которые сложно распознать из-за характерных индивидуальных особенностей.

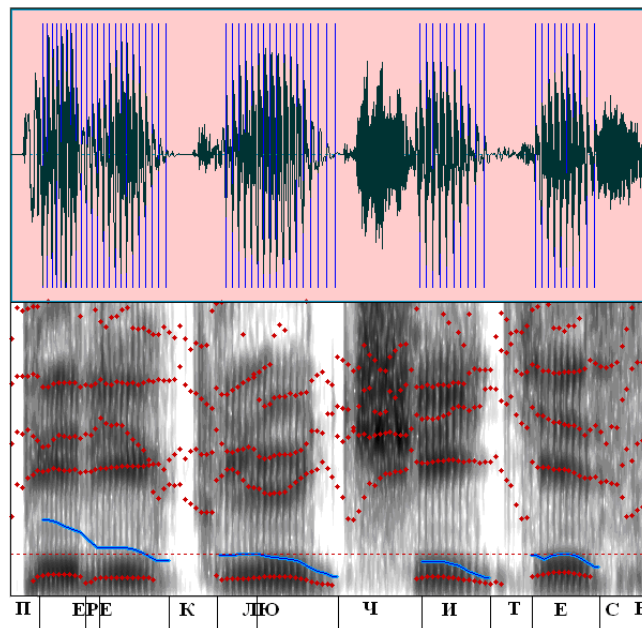


Рис.1. Спектрограмма слова «Переключитесь»

В полученной последовательности проводится распознавание согласных фонем, что позволяет распознать слово - по распознанным согласным «П»\_«Р»\_«К»\_«Л»\_«Ч»\_«Т»\_«С», следующим в определенном порядке, можно судить, что анализируемым распознаваемым словом является слово «Переключитесь». Даже при распознавании только фонем «К»\_«Л»\_«Ч»\_«Т» с большой вероятностью можно сказать, что этот речевой фрагмент соответствует именно указанному фразеологическому слову. После того, как в процессе сегментации были определены границы начала, и окончания фонем, оставшиеся (первоначально нераспознанные) фонемы могут быть вставлены интуитивно по принципу кроссворда. Такой подход позволяет сократить время распознавания фразеологического слова и избавиться от необходимости распознавания фонем, которые сложно распознать из-за характерных индивидуальных особенностей.

Эффективность способа выделения нужных речевых фрагментов из непрерывной слитной речи зависит от качества ее сегментации на фонемы.

#### **Построение подсистемы аутентификации авиадиспетчеров по речевым фрагментам, выделенным из непрерывной слитной речи**

Подсистема аутентификации, в свою очередь, состоит из двух подсистем: параметризации и принятия решений [6, 7].

В подсистеме параметризации сигнал, поступивший на ее вход, сначала делится на фреймы длиной по примерно 25 мс. После этого на каждом фрейме рассчитывается по 36 кепстральных коэффициентов линейного предсказания (ККЛП), вследствие чего получаем матрицу  $C_{nm}$ , где  $c_{ij}$  –  $j$ -ый ККЛП  $i$ -го фрейма,  $n$  – количество фреймов,  $m$  – количество ККЛП в каждом фрейме.

Так как получаемое количество параметров является слишком большим для эффективного применения в подсистемах принятия решения, то проводится их дальнейшая обработка: матрица кепстральных коэффициентов  $C_{nm}$  транспонируется и к ней применяется оконное преобразование Фурье, результатом чего является

спектрограмма (рис.2), представляющая собой зависимость амплитуд спектральных составляющих от частоты и номера ККЛП [6].

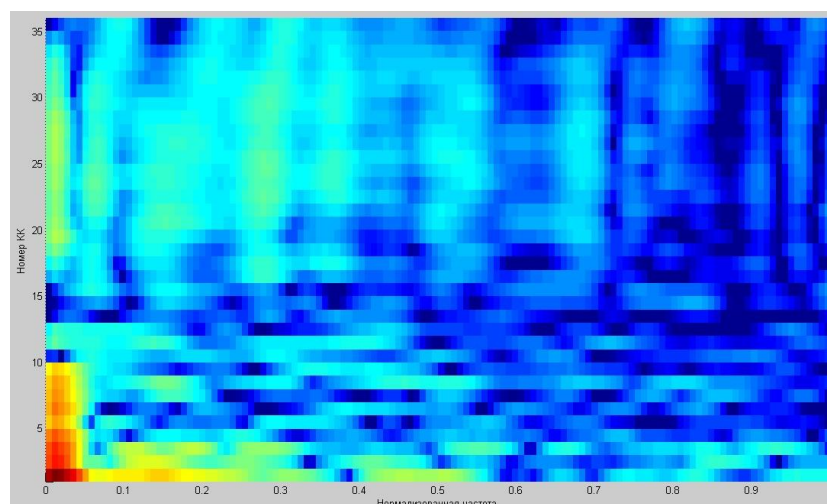


Рис.2 Пример спектрограммы речевого отрезка (по оси абсцисс отложена нормированная частота, по оси ординат – номер кепстрального коэффициента (КК), по оси аппликат (цвет) – амплитуда)

В качестве вектора параметров сигнала выбираются значения амплитуд ККЛП наиболее низкой частоты, образующие первый столбец спектрограммы. При этом длина вектора параметров соответствует количеству ККЛП – 36.

После обработки в подсистеме параметризации сигнал поступает на вход искусственной нейронной сети типа многослойный перцептрон с одним скрытым слоем. Количество нейронов первого слоя равно количеству ККЛП – 36, скрытого слоя – 15, выходного слоя – количеству возможных классов, т.е. общему количеству дикторов, чьи вектора параметров содержатся в базе данных системы. В качестве алгоритма обучения предлагается использовать метод масштабируемых сопряженных градиентов, количество эпох обучения – 300.

Приведенные числовые значения параметров систем были получены экспериментальным путем в процессе оптимизации системы аутентификации [6]. Обоснованный выбор типа и значений параметров системы аутентификации позволил довести процент правильной аутентификации до 98%, а время параметризации – до значений порядка  $10^{-2}$ с.

Особенностью разработанной системы аутентификации является её способность решать обратную задачу, т.е. система также может эффективно проводить распознавание слов, произнесенных диктором.

#### **Построение подсистемы мониторинга ПФС авиадиспетчеров по речевым фрагментам, выделенным из непрерывной слитной речи**

В процессе выполнения работы авторами были проведены исследования, сутью которых был анализ (с точки зрения их эффективности для определения эмоционального состояния) различных параметров, характеризующих речевые фрагменты различной длительности, произнесенные профессиональными актерами, имитирующими их нахождение в различных эмоциональных состояниях. Для проведения исследований была разработана соответствующая методика. В экспериментах принимали участие 10 человек (5 мужчин и 5 женщин).

Для иллюстрации полученных результатов на рис.3 приведены гистограммы, на которых показаны значения ЧОТ и четырех первых формантных частот для фонем

«А», «И», «У», «О» при нахождении одного из дикторов мужского пола в состояниях печали, депрессии и недовольства.

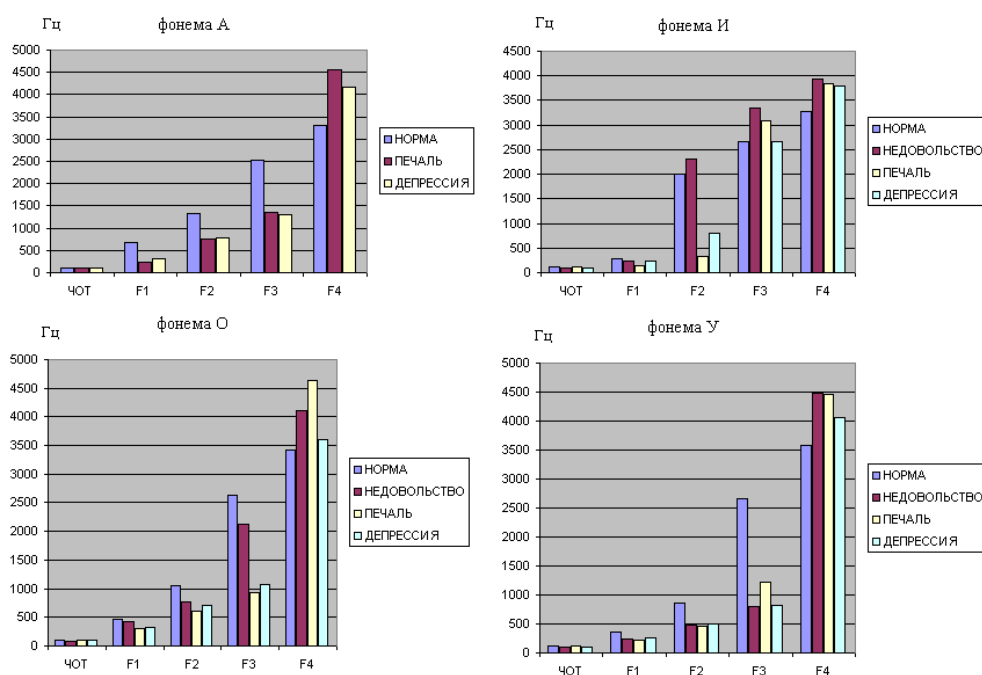


Рис.3 Значения ЧОТ и формантных частот фонем «А», «И», «У», «О» произнесенных диктором, находящимся в различных эмоциональных состояниях

Анализ показал, что информативными параметрами являются ЧОТ и формантные частоты фонем. При этом наиболее информативны формантные частоты F2, F3, F4, а также отношения значений этих формантных частот, полученных в момент мониторинга, к их значениям, измеренным при нахождении диктора в состоянии нормы, для гласных фонем русской речи «А», «И» и «У».

#### Выводы

1. Приведены основные принципы построения подсистем разработанной системы контроля доступа авиадиспетчеров к информационным ресурсам в режиме реального времени, функционирование которой основана на проведении аутентификации авиадиспетчеров и мониторинге их ПФС.
2. Разработана система параметров для проведения аутентификации авиадиспетчеров. Обоснованный выбор параметров позволил существенно повысить точность аутентификации (довести процент правильной аутентификации до 98%) и значительно уменьшить время ее проведения.
3. Применение разработанной системы контроля позволяет существенно повысить безопасность полетов, резко уменьшить количество аварий и аварийных ситуаций вследствие снижения влияния человеческого фактора.

#### Литература

1. Темников В.А., Темникова Е.Л. Определение психофизиологического состояния оператора в системе автоматического внутрисменного мониторинга по голосу // Вестник Восточноукраинского национального университета им.В.Даля. - №6 (136). – Ч.1. – 2009. – С.294-297

2. Темников В.А., Темникова Е.Л. Параметризация автоматического контроля доступа операторов к ресурсам информационных систем по голосу // Вестник Восточнoукраинского национального университета им.В.Даля. - №9 (151). - Ч.1. - 2010. - С.143-148
3. Темніков В.О., Петейчук О.В. Контроль роботи авіадиспетчерів з використанням мовного сигналу в режимі реального часу // X Міжнародна науково-технічна конференція «АВІА-2011». Матеріали. - Т.1. - К.: НАУ, 2011. - С.2.105-2.108
4. Баевский Р.М. Анализ variability сердечного ритма: история и философия, теория и практика // Клиническая информатика и телемедицина. - 2004. - №1.- С. 54-64
5. Фролов М.В. Контроль функционального состояния человека-оператора. - М.: Наука, 1987. - 197с.
6. Темников В.А., Темникова Е.Л., Конфорович И.В. Выбор параметров системы аутентификации человека по голосу // Інформаційна безпека. - 2012. - №2(8). - С.151-157
7. Темников В.А., Темникова Е.Л., Конфорович И.В. Разработка системы информативных параметров для аутентификации личности по голосу // XIII Международная научная конференция "Интеллектуальный анализ информации" (ИАИ-2013). Сборник трудов. - К.: Просвіта, 2013. - С.225-229