

# Понятность речевой информации

## ВВЕДЕНИЕ

Речевой способ передачи информации часто используется там, где путь эвакуации представляет собой сложный или трудный маршрут движения, например, в многоэтажных зданиях или больших производственных комплексах. Существует несколько факторов, из-за которых слушатель может не понимать содержание речевого сообщения. Сообщение будет непонятно, если его построение лексически неправильно или оно нелогично. Сообщение на испанском языке будет непонятно для аудитории, которая говорит по-китайски. Если человек говорит быстро или заикается, другие люди могут не понимать его речь. Даже если правильно построенное сообщение произносится профессиональным диктором на родном для слушателя языке, слушатель может не понимать это сообщение, если оно плохо слышно или доходит до него в искаженном виде. Все вышеперечисленные причины являются основными при детализации, моделировании и измерении такой характеристики как *понятность* речи.

## ПРОБЛЕМЫ

В качестве примера ситуаций, когда основной причиной гибели людей явилась недостаточная понятность речевой информации, можно привести пожар на вокзале Кингз-Кросс в Лондоне в 1987 году и пожар в жилом комплексе в городе Йорк (Онтарио). В системах поискового вызова и радиотрансляции (Public Address) громкоговорители размещаются на расстоянии через 3-4 м (подобные системы очень часто можно видеть, например, в аэропортах или в общественных залах). Насколько будет сравнима понятность речи, обеспечиваемая смежной системой - системой оповещения о пожаре, если речевые пожарные оповещатели располагаются на расстоянии 10-20 м друг от друга?

Никто не оспаривает тот факт, что тональный сигнал оповещения должен быть слышимым для слушателя, а голосовой сигнал оповещения должен быть понятным (разборчивым). Расхождения и несоответствия в определении понятности речи привели к тому, что пожарная индустрия переняла определения понятности речи и методы ее измерения, принятые в аудио-индустрии. Это подвигло всю индустрию к переходу от *субъективных* оценок понятности речи к *объективным*.

В 1997 году комитет по системам оповещения NFPA72 совместно с представителями аудио-индустрии начали работу по более детальному изучению понятности речи, а также по определению того, как установить объективные требования к характеристикам голосовых систем аварийного оповещения. Целью работы было дать определение понятности речи и разработать методику ее измерения при помощи инструментальных средств, которая бы исключала субъективные оценки.

## ЧТО ТАКОЕ ПОНЯТНОСТЬ РЕЧИ

В процессе передачи голосового сигнала от диктора к слушателю в него (в голосовой сигнал) могут вноситься различные типы искажений. Искажения могут вноситься в сообщение на каждом из этапов передачи и имеют свойство накапливаться и приводить к тому, что сообщение будет непонятно для слушателя (неразлично, неразборчиво). Например, при разговоре лицом к лицу диктор, говорящий с акцентом, все еще остается понятным для слушателя. При передаче через коммуникационную систему речь диктора неизбежно подвергнется искажениям и, в результате, слушатель перестанет понимать эту речь. Или, возможно, слушатель понимает диктора тогда, когда фоновый шум отсутствует или очень мал, но перестает понимать там, где присутствует фоновый шум.

Исследования выделили две группы причин, которые влияют на понятность речи при процессе ее передачи. Скорость речи, язык и артикуляция диктора не являются ключевыми показателями, влияющими на понятность речи. Они являются косвенными показателями, т.к. система, которая обеспечивает надежную передачу речи с внесением ограниченных искажений, ревербераций и переотражений, обеспечивает более высокую вероятность понятности сообщений, даже если диктор вносит определенные проблемы или слушатель обладает нарушениями слуха. Система с более высоким уровнем понятности может компенсировать многие, но не все, дефекты диктора или слушателя.

Понятность является мерой эффективности речи. Измеренное значение выражается в процентном соотношении той части сообщения, которая была понята слушателем (распознана им), ко всему сообщению. Понятность речи не включает в себя качество речи. Например, синтезированное голосовое сообщение может быть полностью понято слушателем, но его звучание признано неприятным, неестественным и низкого качества. Сообщение с низким качеством звучания может оставаться понятным и разборчивым.

## **ПРИЧИНЫ УХУДШЕНИЯ ПОНЯТНОСТИ**

Для того, чтобы речевой сигнал был понятен, он должен обладать достаточной *слышимостью* (иметь определенный уровень звукового давления) и достаточной *четкостью* (разборчивостью).

Слышимость звука выражается через отношение сигнал/шум. Голосовой сигнал имеет высокую степень модуляции и, хотя, измерение понятности включает в себя слышимость, оно отличается от стандартов слышимости для систем, генерирующих тональные сигналы. Поэтому, тональные и голосовые сообщения, воспринимаемые как сигналы одинаковой громкости, могут значительно отличаться при их инструментальном измерении (в дБ или дБА). Это является причиной того, что нормы пожарной безопасности не требуют измерять слышимость голосовых сигналов.

Фонемы являются минимальными фонетическими единицами, способными донести отличительные смысловые особенности на определенном языке, и способствуют правильному распознаванию слова. В качестве примера можно привести: «к» в слове «коврик»; «р» в слове «ракетка». Четкость – это свойство звука, которое позволяет фонемам быть различимыми для слушателя. Четкость – это независимость фонем от искажений, которые привносятся любой частью аудио-системы или окружающей средой.

Четкость может быть снижена за счет следующих факторов:

- 1) Амплитудные искажения, вызванные электронной/аппаратной частью аудио-системы;
- 2) Частотные искажения, вызванные электронной/аппаратной частью аудио-системы или акустикой окружающей среды;
- 3) Искажения во временной области, вызванные в результате отражений и ревербераций звука в акустической окружающей среде.

Проектировщики и инженеры добиваются максимальной понятности речи за счет правильного подбора оборудования, количества и расстановки громкоговорителей, а также мощности, на которой будет работать каждый из них.

## **ИЗМЕРЕНИЕ ПОНЯТНОСТИ**

При измерениях понятности речи нельзя отдельно рассматривать звуковое оборудование и акустику окружающей среды. Те или иные выбранные технические решения, например, сечение проводов и их трассировка, будут влиять на энергетику системы и ее шумовые характеристики. Способ установки и размещение громкоговорителей будут влиять на характеристики звукового поля, строительные материалы, которые используются для отделки помещения, и мебель, расставленная в

помещении, будут влиять на акустику помещения. Поэтому, при измерении понятности речи требуется учитывать все необходимые параметры.

**Таблица 1. Методы оценки понятности речевой информации**

Метод	Документ, на который ссылается стандарт IEC 60849	Примечание
STI – Speech Transmission Index (коэффициент передачи речи)	IEC 60268-16 (Объективная оценка понятности речи по коэффициенту передачи речи, 1998 г.)	Это объективный метод, основанный на инструментальных измерениях. Для выполнения измерений и анализа результатов требует использование специализированного аппаратно-программного комплекса. Существуют реализации измерительной аппаратуры как на базе персонального компьютера, так и в виде автономных ручных приборов.
RASTI – Rapid Acoustic Speech Transmission Index (быстрый акустический коэффициент передачи речи)	IEC 60268-16 (Объективная оценка понятности речи по коэффициенту передачи речи, 1998 г.)	Это объективный метод, основанный на инструментальных измерениях. Упрощенный метод STI. Доступны ручные измерительные приборы.
PB – Phonetically Balanced Word Scores (Подсчет фонетически сбалансированных слов)	ISO/TR 4870 (Акустика – описание и классификация методов измерения понятности речи, 1991)	Это объективный метод, основанный на слуховом восприятии информации. Для английского языка наиболее подходит метод измерений понятности речи, приведенный в стандарте ANSI S3.2 (1989г). В системах пожарного оповещения допускается использовать как метод ANSI S3.2, так и метод ISO/TR 4870.
MRT – Modified Rhyme Test (Гармонический метод)	Нет ссылок	Это объективный метод, основанный на слуховом восприятии информации. Этот метод не описан в каком-либо стандарте. В стандарте ANSI S3.5 упоминается, что данный метод имеет такие же ограничения, как и метод ISO/TR 4870 (PB). Достаточно хорошо соотносится метод ANSI S3.2 (1989г.), который используется для оценки понятности речи в коммуникационных системах.
AL – Articulation Index (Коэффициент артикуляции)	ANSI S3.5 (Метод вычисления коэффициента артикуляции, 1969г.) ANSI S3.5 (Метод вычисления коэффициента понятности речи (SII), 1997 г.)	Это объективный метод, основанный на инструментальных измерениях. Редакция стандарта 1969 года была обновлена в 1997 году. Метод требует применения специальных аппаратных и программных средств.
%ALcons – Articulation Loss of Consonants (Артикуляционные потери согласных звуков)	Peutz, V.M.A., “Articulation loss of consonants as a criteria for speech transmission in a room,” J. Aud. Eng. Soc. 19, 12, December 1971	Это объективный метод, основанный на инструментальных измерениях, или объективный метод, основанный на слуховом восприятии информации. Доступны измерительные комплексы на базе персонального компьютера

Стандарты международной электротехнической комиссии (IEC) и международной организации по стандартизации (ISO) уже включают в себя объективные методы измерения понятности речи. Стандарт IEC 60849, определяющий требования к звуковым системам аварийного оповещения, соответствует требованиям NFPA 72. Некоторые методы, официально признанные в стандарте, используют субъективные средства измерений, другие – инструментальные. На некоторые укоренившиеся в практике методы

измерений ссылается и стандарт ISO 9921. Для каждого официально признанного метода, уже существуют международные стандарты, в которых отражена методика выполнения измерений и их протоколирования.

В стандарт IEC включена диаграмма пересчета результатов, полученных разными методами измерений, к общей шкале понятности речи (CIS). Измерения можно проводить любым из методов, перечисленных в стандарте. Четыре из них используют инструментальные средства измерений. Три других метода являются субъективными, использующими оценку понятности речи на слух, но и их также можно использовать. Один метод допускает использование и субъективной методики измерений, и инструментальной. Суммарный обзор различных методов измерения понятности речи приведен в Таблице 1.

Для выполнения измерений в соответствии с четырьмя методами, основанными на инструментальных измерениях, в настоящее время доступно, как минимум, шесть измерительных комплексов, поставляемых четырьмя производителями подобного оборудования. В конце статьи приведены ссылки на литературу, дающую более детальное описание каждого из этих методов измерений.

Система аварийного оповещения должна обеспечивать минимальное среднее значение понятности речи не хуже 0.7 по шкале CIS. Такой подход не требует обеспечивать абсолютно одинаковое значение понятности везде – оно может находиться в пределах нормированного отклонения от минимально допустимого значения, но при этом гарантируется, что понятность не хуже 0.7 будет обеспечена не менее чем в 84% защищаемого пространства. В пособии NFPA 72 (2002) содержится обсуждение того, почему именно значение 0.7 по шкале CIS принято в качестве базового значения понятности речи.

## **РАЗРАБОТКА, ПРОЕКТИРОВАНИЕ, УСТАНОВКА, ТЕСТИРОВАНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ**

Надежная система оповещения (коммуникационная система) должна быть правильно разработана, спроектирована и установлена. Для того, чтобы обнаружить и устранить какие-либо неисправности или недостатки системы, она должна быть проверена (оттестирована). Одним из основных вопросов, с которым проектировщики и заказчики должны определиться при разработке системы, является вопрос - где именно должна быть обеспечена разборчивость голосовых (речевых) сообщений.

Система аварийного оповещения должна обеспечивать надежную понятность речи во всех больших залах, используемых для проведения массовых встреч, собраний и представлений. Это необходимо, т.к. система оповещения будет использоваться для передачи информации, в основном, людям, плохо знакомым с архитектурно-строительными особенностями здания. В таких залах человек не должен перемещаться по пространству, чтобы найти место, где ему будет понятно передаваемое сообщение.

Однако, необходимо ли обеспечивать понятность речевых сообщений во всех частях многоэтажных жилых зданий? Вполне может оказаться, что нет, хотя слышимость сигналов должна быть обеспечена везде. Может оказаться, что установка речевых оповещателей (громкоговорителей) только в общественных местах достаточна для того, чтобы разбудить людей или привлечь их внимание в случае опасности, используя тональные сигналы оповещения. Когда вслед за тональным сигналом будет передаваться речевая информация, нет нужды обеспечивать ее понятность за закрытыми дверями спальных или ванных комнат. Люди, как правило, хорошо знакомые с архитектурными особенностями здания, могут переместиться в ту его часть, где они могут прослушать непрерывно повторяющуюся речевую информацию. Такой же подход в организации оповещения может быть применен и в административных зданиях – человек должен

открыть дверь своего кабинета (офиса) для того, чтобы прослушать передаваемое сообщение.

После того, как разработчики определили требуемый тип системы оповещения и приняли решение о том, что понятность речи будет обеспечиваться лишь в определенных частях здания или сооружения, они должны, при проектировании системы, выполнить требования норм пожарной безопасности касательно понятности речевых сообщений. Очень важно, чтобы цели и задачи, которые ставятся при разработке системы оповещения, были согласованы со всеми исполнителями работы и представителями надзорных органов.

После согласования целей проектирования и решаемых задач, для достижения требуемых параметров могут использоваться различные технические решения и подходы. Нормы пожарной безопасности допускают использовать любые обоснованные и рациональные решения. Проектировщики и инсталляторы, которые впервые сталкиваются с системами пожарного оповещения, или те, кто хочет более глубоко изучить вопросы правильного построения речевых систем оповещения, должны обращаться к специальной литературе.

Подобно тому, как эксперты в области пожарной безопасности проводят моделирование возможного развития пожара, инженеры-акустики и инженеры-звукотехники должны моделировать понятность речи до возведения здания и до того, как будет устанавливаться система оповещения. Акустические свойства строительных материалов хорошо документированы и для того, чтобы гарантированно обеспечить заявленные параметры, необходимо выполнить расчеты, подобно тому, как инженеры в области пожарной безопасности выполняют расчеты по распространению пламени по строительным конструкциям и выделению дыма. Электрические характеристики системы при выполнении моделирования должны приниматься в соответствие с данными, полученными от производителя оборудования.

В настоящее время, в тексте норм пожарной безопасности нет требований к тому, как именно следует выполнять измерения понятности речи. Методы измерений обсуждаются только в Приложении к нормам пожарной безопасности. Однако, если принято решение о необходимости измерений понятности речи, сколько именно тестов (замеров) следует выполнить в отдельно взятом помещении (пространстве)? В настоящее время нет руководящих требований к измерению *слышимости*, касательно количества необходимых замеров и расположению точек, в которых они будут выполнены, как нет таких требований и к измерению *понятности* речи. Что касается слышимости, мы интуитивно понимаем, где система может сбоить, и заботимся, чтобы сконцентрировать наши измерения именно в этих точках. Сколько проектировщиков, техников и инспекторов обладают аналогичной интуицией в отношении понятности? Поэтому интуитивный подход не может служить аргументом для того, чтобы не выполнять измерение понятности речи. Такой подход к проблеме напоминает реакцию страуса – «голову в песок». Конечно же, необходимо начинать такого рода тестирования и, желательно, начинать с выполнения измерений в большом количестве точек до тех пор, пока не будет накоплен достаточный опыт.

Существуют методики измерения понятности (как и методики измерения слышимости), которые позволяют проводить измерения в то время, когда в здании отсутствует основной контингент, а влияние на понятность речи уровня шума окружающей среды, оцененного предположительно или измеренного экспериментально, учитывается позднее - на этапе анализа системы. Такой подход позволяет выполнять «ненавязчивое» тестирование системы. Общей практикой проверки слышимости является выполнение тестирования перед тем, как в здании появятся люди (контингент). Опыт разработчиков системы и доступность данных позволяют оценивать предполагаемый уровень шума и сравнивать его с характеристиками системы в незаселенном здании. Аналогичная процедура выполняется и при измерениях понятности речи. Однако, требуемые данные не могут быть легко доступны или быть бесспорными для

специалистов в области пожарной безопасности. Кроме этого, как и при измерении слышимости, невозможно выполнить достоверные измерения понятности до тех пор, пока не обеспечена строительная готовность объекта – перепланировки какой-либо части интерьера или возведение новых конструкций могут внести значительные изменения в распространение и затухание звуковых волн и, следовательно, измерения окажутся недостоверными.

## ССЫЛКИ НА ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Proulx, G., “Is It Wise to Evacuate During a High-Rise Fire?,” National Fire Protection Association World Safety Congress, Denver, CO, May, 2000.
2. Proulx, G., “Highrise Evacuation: A Questionable Concept,” 2nd International Symposium on Human Behavior in Fire – Conference Proceedings, Interscience Communications, London, 2001.
3. Jacob, K., “Understanding Speech Intelligibility and the Fire Alarm Code,” Bose® Professional Systems, Framingham, MA. Presented at the National Fire Protection Association World Safety Congress, Anaheim, May 14, 2001. (Доступно на [www.rpsa-fire.com](http://www.rpsa-fire.com).)
4. Proulx, G., & Sime, J.D., “To Prevent ‘Panic’ in an Underground Emergency: Why Not Tell People the Truth?,” Proceedings of the 3rd International Symposium on Fire Safety Science, Elsevier, London, 1991.
5. Pauls, J.L., & Jones, B.K., “Building Evacuation: Research Methods and Case Studies,” Fires and Human Behaviour, John Wiley and Sons, New York, 1980.
6. ISO 9921-1, Ergonomic assessment of speech communication – Part 1: Speech interference level and communication distances for persons with normal hearing capacity in direct communication (SIL method), International Standards Organization, 1996.
7. Mannell, R.H., “Natural and synthetic speech intelligibility and quality testing,” 1984, Speech, Hearing and Language Research Centre (SHLRC), Macquarie University, Sydney, Australia, [http://www.ling.mq.edu.au/~rmannell/slp807/synth\\_assessment/intelqual.shtml](http://www.ling.mq.edu.au/~rmannell/slp807/synth_assessment/intelqual.shtml).
8. IEC 60849, Sound systems for emergency purposes, 1998.
9. Moore, W., & Richardson, L., editors, NFPA 72, National Fire Alarm Code Handbook, National Fire Protection Association, Quincy, MA, 2002.
10. Schifiliti, R.P., “Intelligibility – Extended Bibliography,” R.P. Schifiliti Associates, Reading, MA, June, 2002. (Доступно на [www.rpsa-fire.com](http://www.rpsa-fire.com))