

# ОЦЕНКА ОБСТАНОВКИ В КАБИНЕ ЭКИПАЖА ПРИ РАССЛЕДОВАНИИ АВИАЦИОННЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

д. т. н. Ю. В. Попов, А. А. Мартынюк  
(Межгосударственный авиационный комитет)

*Статья посвящена проблеме оценки обстановки в кабине экипажа по звуковой информации, которая регистрируется бортовым устройством регистрации переговоров с помощью открытого микрофона. Обстановка в кабине описывается системой с одним выходом и несколькими входами. В качестве метода идентификации источника звуковой информации предлагается использовать частотные характеристики трактов распространения звука.*

Значительную роль при расследовании авиационных происшествий (АП) играет информация, зарегистрированная бортовыми устройствами регистрации (БУР) переговоров. Необходимость размещения на борту воздушного судна (ВС) БУР переговоров, специалистами обсуждалось давно. В 1939 году было запатентовано устройство записи звуковой обстановки в кабине экипажа. Данное устройство состояло из микрофона и записывающего барабана [1]. Микрофон располагался в кабине, а записывающее устройство в хвостовой части фюзеляжа. На 4-й сессии Международной организации гражданской авиации (International Civil Aviation Organization – ИКАО) ИКАО, проходившей в ноябре 1965 года, было принято международное соглашение об обязательной установке БУР на ВС для всех государств.

БУР переговоров предназначено для регистрации:

- радиобмена «Борт-Земля» и «Борт-Борт»;
- переговоров между членами экипажа в кабине;
- переговоров между членами экипажа, осуществляемых по самолетному переговорному устройству;
- речевых или тональных сигналов средств дальней навигации или управления заходом на посадку, поступающие в наушники членов экипажа;
- сообщения членов экипажа, передаваемые по системе оповещения.

По принципу записи БУР переговоров подразделяется на средства с магнитным и электронным принципом. На рис. 1 приведена классификация БУР переговоров.

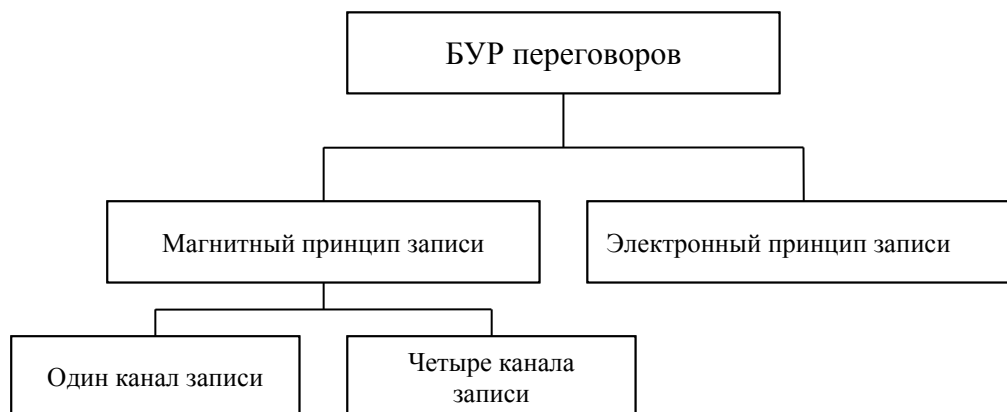


Рис. 1. Классификация БУР переговоров

В БУР с магнитным принципом записи в качестве носителя информации используется магнитная проволока или магнитная лента. Для БУР с электронным принципом записи в качестве носителя применяется флэш-память.

Все члены летного экипажа, которым необходимо находиться в кабине ВС для исполнения своих служебных обязанностей должны поддерживать связь с использованием направленных микрофонов или ларингофонов. Для лучшей записи переговоров в кабине, микрофон размещается в месте, наиболее выгодном для восприятия переговоров между первым и вторым пилотом на их рабочих местах, а также для восприятия переговоров других членов экипажа с этими лицами. Качество записей переговоров достигается монтажом основного микрофона в кабине экипажа.

На рис. 2 приведена схема размещения микрофонов для записи звуковой обстановки в кабине ВС.

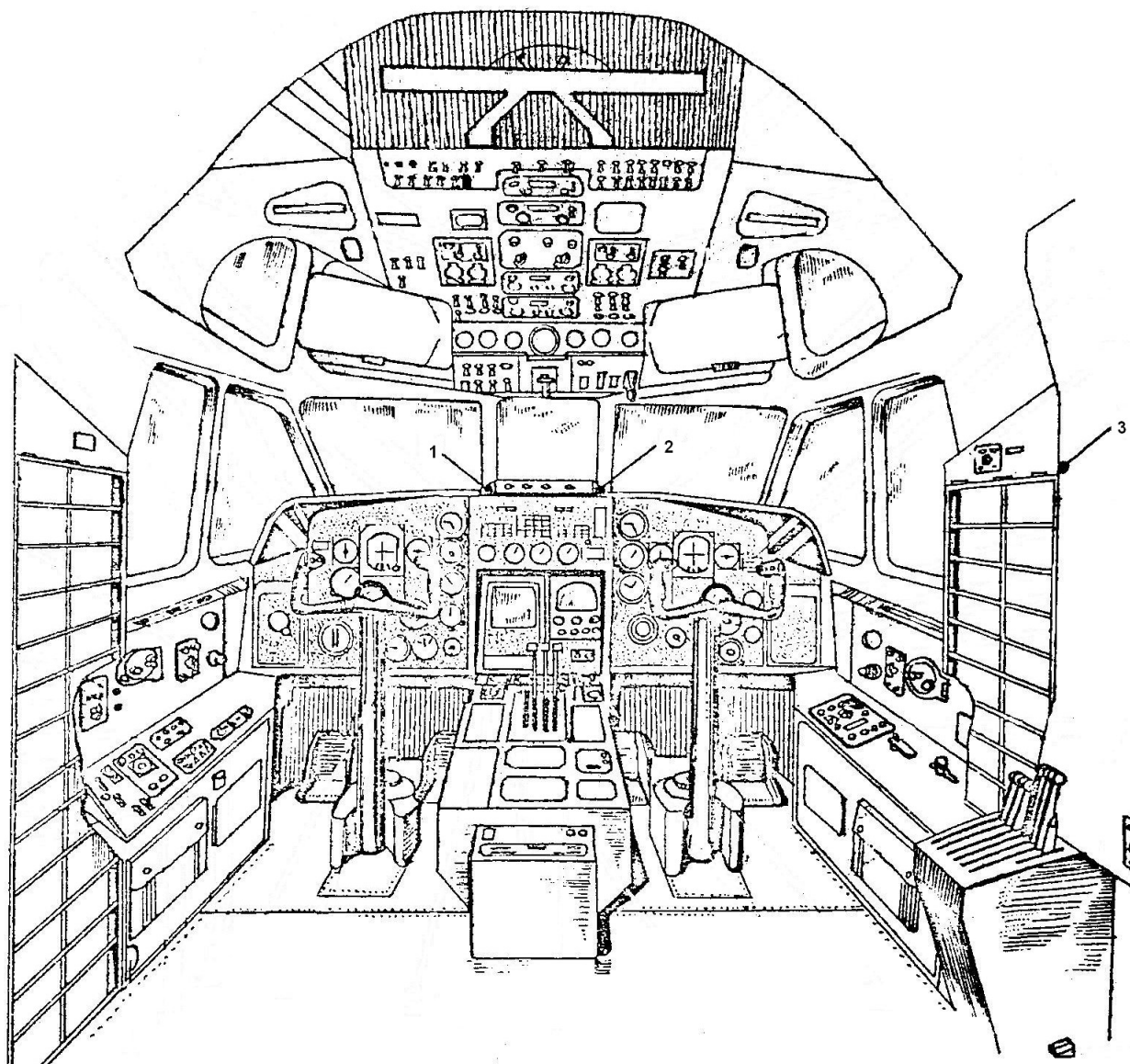


Рис. 2. Схема размещения микрофонов в кабине экипажа

На рис. 2 видно, что два микрофона размещены с двух сторон (левой – (1) и правой – (2)) козырька средней приборной доски пилотов, а третий - с левой стороны приборной доски бортинженера (3). Микрофоны охватывают звуковое поле кабины с трех направлений. На рис. 3 приведена осциллограмма звукового поля кабины, записанная во время полета, когда в разговоре принимали участие все члены экипажа.

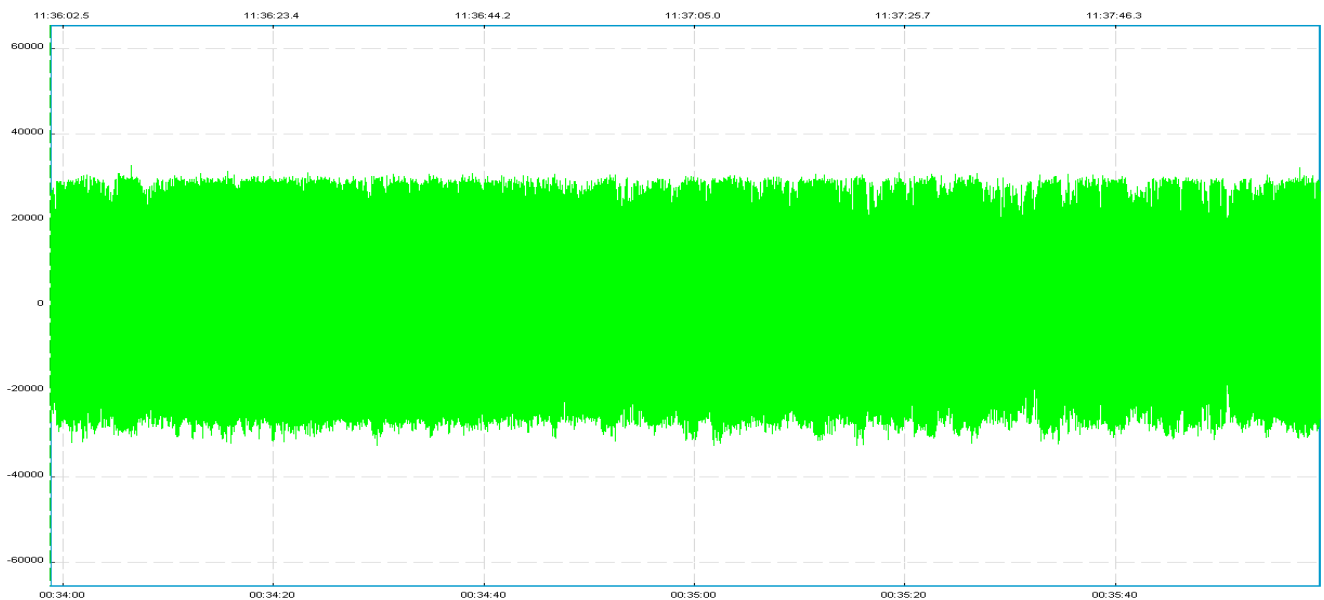


Рис. 3. Оциллограмма звукового поля кабины

Зарегистрированные переговоры и звуковая обстановка в кабине экипажа при расследовании АП позволяет воссоздать картину происшествия. При расследовании АП обработка переговоров из-за специфичности звуковой информации, сложности ее анализа и синхронизации по времени с записями параметров полета составляет значительные трудозатраты.

Специфичность звуковой информации, записанной в кабине экипажа, состоит в том, что кроме переговоров членов экипажа БУР переговоров регистрирует большое количество информации, представляющий интерес для целей расследования. В качестве специфических звуков, которые регистрирует БУР переговоров, являются тоны и шумы, создаваемые различными системами. Опыт показывает, что кроме переговоров членов экипажа регистраторы регистрируют щелчки, создаваемые переключателями, звуки при выпуске и уборке закрылков и шасси, звуковые сигналы оповещения, шумы двигателей, фоновые шумы при изменении воздушной скорости, звуки ударов при движении ВС по взлетно-посадочной полосе и т.д. Этот вид информации оказывает специалистам по расследованию АП большую помощь, поскольку по записи можно точно определить время возникновения каждого зарегистрированного системой звука.

Опыт использования записанной речевой информации показывает, что при воспроизведении наряду с полезным сигналом всегда присутствует помехи. Необходимо выделить четкие звуки речи, тоны или шумы, создаваемые различными системами из всех помех, которые могут создаваться от окружающего фона в кабине. Для отделения звуков речи от звуковых сигналов оповещения или от других звуков применяются методы фильтрации. При использовании методов фильтрации необходима осторожность, чтобы избежать чрезмерной фильтрации при определенном спектре частот. Значительное ослабление сигнала приводит к искажению звуков речи или тонов, а, следовательно, к неправильному пониманию содержания речевой связи и обстановки в кабине.

Звук представляет собой колебательные движения среды. Основными параметрами, характеризующими звуковую волну, являются:

- амплитуда  $a$ , м (В и т.п.);
- звуковое давление  $p_{зв}$ , Па;
- интенсивность звука  $I$ , Вт/м<sup>2</sup>;
- длина звуковой волны  $\lambda$ , м;
- скорость распространения волны  $c$ , м/с;
- частота колебаний  $f$ , Гц.

Звуковые колебания в воздухе приводят к его сжатию и разрежению. В областях сжатия давление воздуха возрастает, а в областях разрежения понижается. Разность между давлением, существующим в возмущенной среде  $p_{cp}$  в данный момент, и атмосферным давлением  $p_{атм}$ , называется звуковым давлением (рис. 4). В акустике этот параметр является основным, через который определяются все остальные:

$$p_{зв} = p_{cp} - p_{атм}. \quad (1)$$



Рис. 4. Звуковое давление

Среда, в которой распространяется звук, обладает удельным акустическим сопротивлением  $z_A$ , которое измеряется в Па·с/м (или в кг/(м<sup>2</sup>с) и представляет собой отношение звукового давления  $p_{зв}$  к колебательной скорости частиц среды  $u$ :

$$z_A = p_{зв}/u = p_{зв}/\rho c, \quad (2)$$

где  $c$  - скорость звука, м/с;  $\rho$  - плотность среды, кг/м<sup>3</sup>.

Для различных сред значения  $z_A$  различны.

При расследовании АП возникает задача по идентификации участников переговоров и выделения сигналов, которые сопровождали аварийную ситуацию. Эта задача усложнена тем, что на носитель записывается выходная звуковая информации, которую воспринял микрофон. На рис. 5 приведена схема прохождения звука к микрофону. Анализ схемы прохождения звука к микрофону показывает, что на микрофон воздействует звук, который достигает микрофон по прямому тракту, а так же отраженный звук, который создается поверхностью, расположенной за микрофоном. Таким образом, даже при одном источнике звука в кабине экипажа образовывается многомерная система.

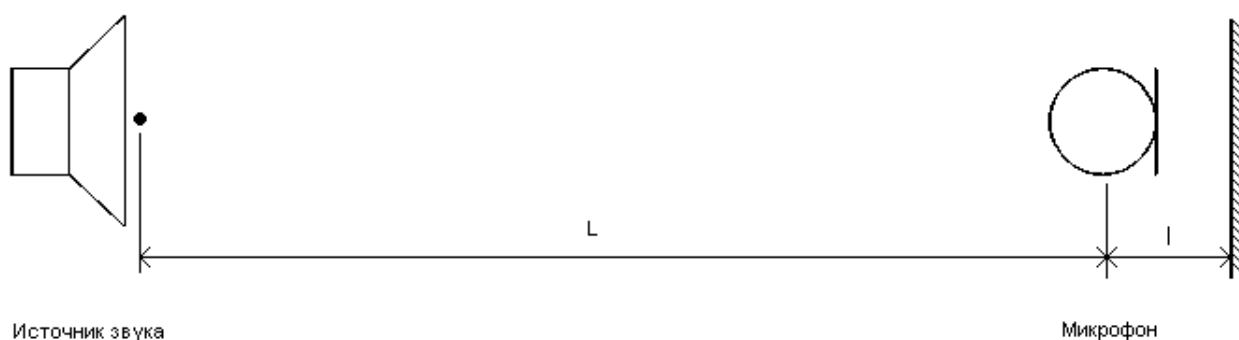


Рис. 5. Схема прохождения звука от источника к микрофону

Пусть от некоторого звукового источника распространяется сигнал  $x(t)$  до микрофона. Предположим, что тракт распространения бездисперсный и линейный, т. е. скорость распространения не зависит от частоты [2]. Тогда звук из одной точки в другую излучается по двум трактам (рис. 6) - по прямому и отраженному.

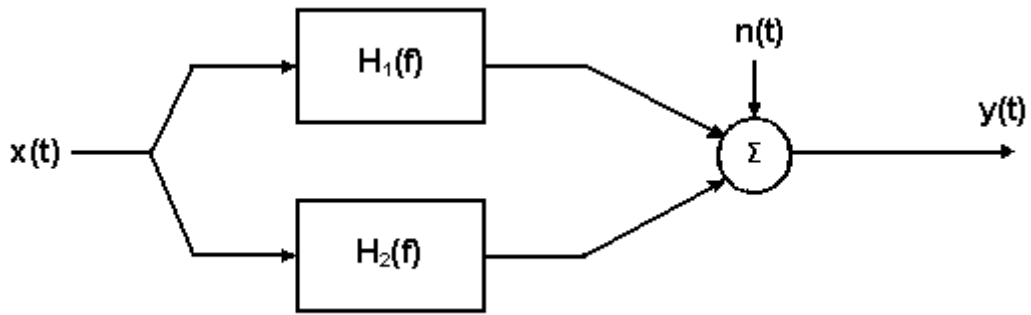


Рис. 6. Система с одним входом и одним выходом

Звук, распространяясь по дисперсным и линейным трактам, смешивается со статистически независимым шумом  $n(t)$  и возбуждает в микрофоне реакцию  $y(t)$ , которая записывается на носитель информации. В этом случае [2] частотная характеристика трактов равна константе ( $H(f)=H$ ) и если  $L$ ,  $I$  - длина пути, а  $c$  - скорость распространения, то:

$$y(t) = H_1 x(t - (L/c)) + H_2 x(t - (I/c)) + n(t). \quad (3)$$

Зависимость (3) позволяет определить место источника звука. Для решения данной задачи требуется знать значение выходного сигнала и частотные характеристики трактов распространения звука. Если выходной сигнал записывается на носитель информации, то частотные характеристики каналов необходимо получить с помощью экспериментальных исследований.

В кабине экипажа звуковая обстановка образует систему со многими входами и одним выходом (рис. 7). В кабине экипажа на открытый микрофон поступает  $m$  входных сигналов, которые распространяются по трактам с независимыми от времени частотными характеристиками.

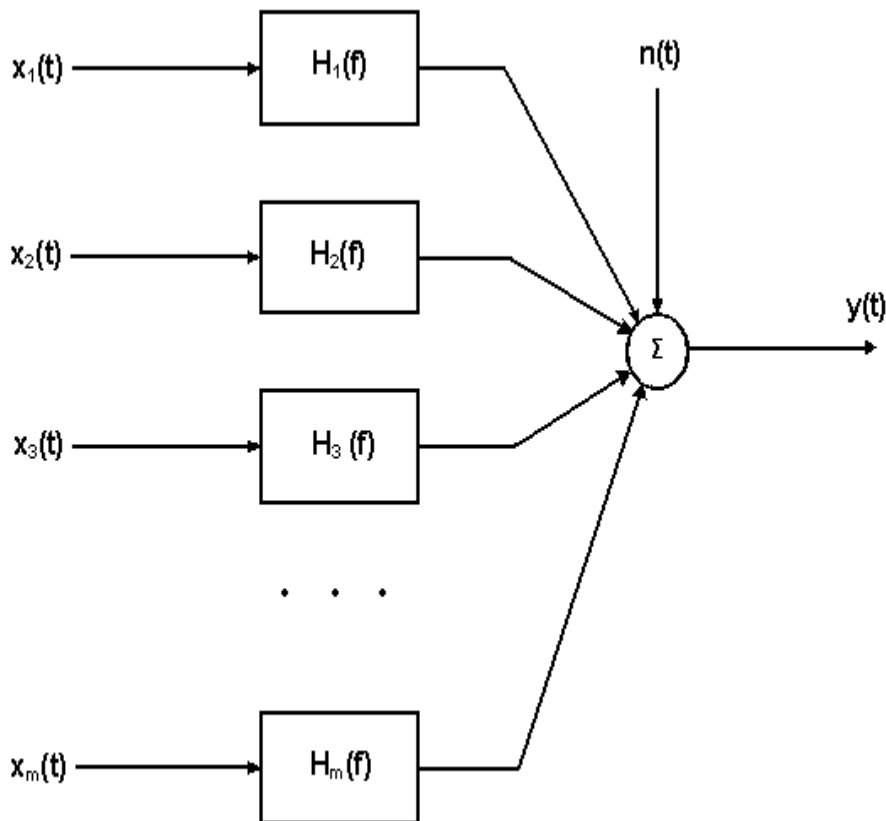


Рис. 7. Модель звуковой обстановки в кабине экипажа

Если известны характеристики тракта распространения звуковых сигналов, можно выделить тоны (шумы), создаваемые различными системами. Следовательно, можно осуществить более качественную фильтрацию звуков речи экипажа. Для получения характеристик трактов распространения звуковых сигналов необходимо иметь аннотированную калибровочную запись тонов (шумов), создаваемых различными системами. Калибровочная запись проводится в тихой кабине. Звуковой сигнал, для которого определяется характеристика тракта, записывается по двум каналам: по каналу открытого микрофона на БУР переговоров и по каналу экспериментального диктофона, который размещается в непосредственной близости от источника звукового сигнала.

Таким образом, в эксперименте получается система с одним входом и одним выходом, в которой шум воздействует только на выходной процесс. Входной процесс  $x(t)$  принципиально свободен от шума, а наблюдаемый выходной процесс  $y(t)$  равен идеальной реакции  $v(t)$  на входной процесс  $x(t)$  плюс случайное возмущение  $n(t)$ . Оценка частотной характеристики  $H(f)$  по наблюдениям входного и выходного процессов определяется по формуле:

$$H(f) = \frac{G_{xy}(f)}{G_{xx}(f)}, \quad (4)$$

где  $G_{xy}(f)$  - односторонняя взаимная спектральная плотность процессов  $x(t)$  и  $y(t)$ ;

$G_{xx}(f)$  - односторонняя спектральная плотность процессов  $x(t)$ .

Полученные частотные характеристики трактов  $H(f)$  позволяют определять источники звуковых сигналов в кабине экипажа. Определение того или иного звукового сигнала является исходным материалом для выбора принятия решения о причине АП.

В данной статье намечены пути решения сложной задачи по идентификации обстановке в кабине ВС. В следующих статьях предложенный метод идентификации источников звуковых сигналов будет раскрыт на примерах.

### Литература

1. US 2170383 A, 22.08.1939
- 2 Бендат Дж., Пирсол А. Применения корреляционного и спектрального анализа – М.: Мир, 1983. – 312 с.