



КЛИНСКИЙ ИНСТИТУТ  
ОХРАНЫ И УСЛОВИЙ ТРУДА

## ***Гигиеническое нормирование шума и его воздействие на членов летных экипажей***

***Симонова Надежда Ивановна,***  
*директор департамента по науке*  
*АО «Клинский институт охраны и условий труда»*  
***Аденинская Елена Евгеньевна,***  
*руководитель НИЦ профпатологии и гигиены труда*  
*Центральная клиническая больница Гражданской*  
*авиации*

Начиная с 1991 г. в России ежегодно возрастало число профессиональной потери слуха, вызванной шумом, у членов летных экипажей.

К настоящему времени у членов летных экипажей В России ежегодно устанавливается **500 – 600** случаев профессиональных заболеваний от воздействия шума.

Общее число профессиональных больных в гражданской авиации в настоящее время превысило **6000** человек.

Для установления **профессионального заболевания** в России необходимо **2 условия**:

- 1) Диагностировать клиническую форму заболевания
- 2) У работника должны быть **вредные условия труда**. Для пилотов нужно доказать, что уровни действующего на них шума превышают установленный в России допустимый уровень – **80 дБА**.

В действительности во многих самолетах и вертолетах гражданской авиации уровни шума в кабине ниже **80** дБА, либо ниже **85** дБА (норма для ЕС)

≤ 80 дБА		≤ 85 дБА		>> 85 дБА	
Ил-96	77	Embraer -145/500	81	АН-124	87
Ту-154, 204/214	78	ТУ-134/154	84	МИ-26	88
АН-148	78	Ил-76	84	АН 28/30/38/74	93
SSJ-Sukhoi Superjet	76	ЯК-40/42	85	АН-12	90
Boeing	75	ATR-42	84	АН-24/26	92
Airbus	74	МИ-8	84	МИ-2	94
Falcon	74			Let L-410 Turbolet	95
CRJ (Bombardier)	79			КА-26/32	100
				АН-2	102

Для установления профессиональной тугоухости у членов летных экипажей воздушных судов гражданской авиации **с низкими уровнями шума** было предложено **2 гипотезы:**

- 1) Напряженность труда усиливает (потенцирует) действие шума на орган слуха. Было предложено принять, что труд летных профессий чрезвычайно напряженный. Однако это не позволяло обоснованно увеличить уровень шума.
- 2) На членов летных экипажей воздействует «особый» шум, который возникает в наушниках авиационной гарнитурой при ведении переговоров в эфире.

По действующим Федеральным авиационным правилам (ФАП) в кабине воздушного судна во время полета запрещено проводить какие-либо прямые измерения шума и других факторов в целях безопасности.

Это стало дополнительным основанием для разработки специальных нормативных и методических документов для расчета «фактических» (или ожидаемых) уровней шума с учетом использования авиационной гарнитуры и ведения переговоров в эфире.

Был разработан нормативный документ

### **МУК 4.3.2231-07**

**Оценка акустической нагрузки в кабинах экипажей воздушных судов при составлении санитарно-гигиенической характеристики условий труда летного состава гражданской авиации**

В практику экспертизы связи заболевания с профессией были введены так называемые Протоколы расчета акустической нагрузки на членов летных экипажей.

$$L_{A,eq,m} = 10 \lg \left( \frac{T_m}{T_{N.m}} 10^{0.1L_A} \right)$$

где:

- $L_A$  – фактический уровень звука А с учетом **дополнительной акустической нагрузки и акустической эффективности АГ** для данного типа ВС в полете (дБ);
- $T_m$  – продолжительность **фактического полетного (летного) времени** за месяц (час);
- $T_{N.m}$  – **нормативное полетное время** для данного типа ВС в месяц (час).

## Уровни звука при активном прослушивании радиоэффира

**МУК 4.3.2231-07**, Приложение 4

**2. При невозможности выполнения измерений в условиях реального полета дополнительная акустическая нагрузка принимается равной **12 дБА** и **суммируется** с величиной эквивалентного уровня шума в кабине воздушного судна с учетом авиационной гарнитур**

(При этом, расчетный уровень шума, действующий на пилота, становится, как правило, **выше допустимого уровня**)

---

Убедительных экспериментальных и/или эпидемиологических данных, подтверждающих обоснованность используемых эмпирических коэффициентов и показателей **в рамках доказательной медицины до настоящего времени не приведено.**

Цель исследования:

Определение зависимости величины снижения порогов слышимости по сравнению с возрастной нормой **от:**

**уровня шума в кабине**

**стажа работы в лётной профессии**

**полётного времени**

**наличия патологии системы кровообращения**



Однако убедительных экспериментальных и/или эпидемиологических данных, подтверждающих обоснованность используемых эмпирических коэффициентов и значимость продолжительности полетного времени для формирования тугоухости до настоящего времени не приведено.

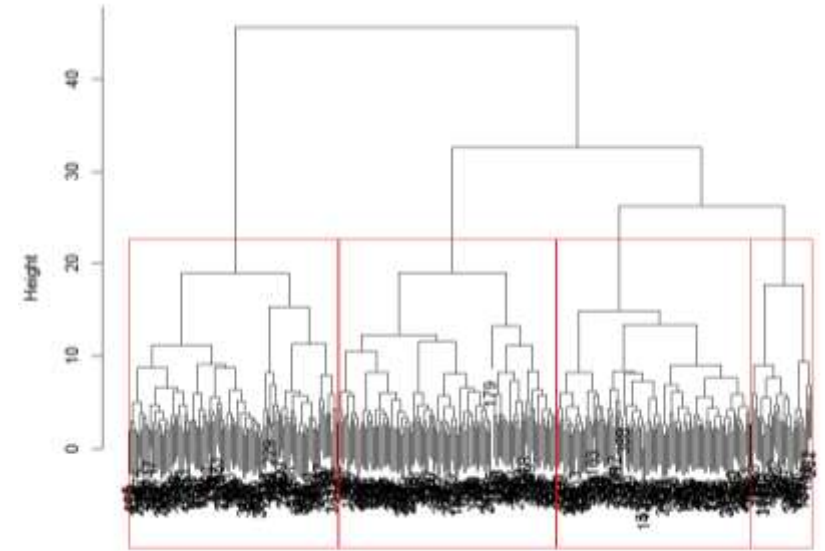
*Цель исследования:*

Определение зависимости величины снижения порогов слышимости по сравнению с возрастной нормой **от уровня шума в кабине** – по каждой частоте и доле множества для левого и правого уха – по техническим характеристикам ВС;

- Определение зависимости величины снижения порогов слышимости **от стажа работы в лётной профессии**;
- Определение зависимости величины снижения порогов слышимости **от полётного времени**.

# МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ

- *Корреляционный, дисперсионный, факторный, кластерный анализы*
- *Метод множественной регрессии с построением логистических моделей регрессионного анализа*
- *Графическое представление данных и математико-статистические расчёты осуществлялись в операционных системах Microsoft Excel, Matlab, R*



*Анализ проводился при консультировании проф. кафедры моделирования экологических систем Казанского (Приволжского) федерального университета, д-р биол. наук А.А. Савельева.*

Сформирована исходная база данных со сведениями о **2298** работниках организаций гражданской авиации:

**2224** членов лётного экипажа (командир воздушного судна, пилот, бортинженер, бортмеханик, бортрадист, бортоператор)

**50** диспетчеров управления воздушного движения

**24** курсанта лётных училищ

**120** авиационных предприятий России

**56** типов воздушных судов (самолеты и вертолеты российского и зарубежного производства)

**2423** истории болезни

**>150** различных параметров на каждого человека в базе данных

средний возраст **56,6** (95% ДИ 56,3 - 56,8); 78% - > 55 лет, 60% - > 55 лет

Средний стаж **32,8** (2,5 - 33,1); 70% - > 30 лет

Средний налет **12734,2** часов. (1253,7 - 12954,6)

Для получения интегральной характеристики состояния слуха пилотов в зависимости от типа воздушного судна и уровня внутрикабинного шума был рассчитан Групповой индекс качества слуха:

$$In_{\text{слуха}} = [(a - d) + (b - c)/2] / n,$$

где  $a$  – удельный вес членов летных экипажей с порогом слышимости не более 20 дБ;

$b$  – с порогом от 25 до 40 дБ;

$c$  – с порогом от 45 до 60 дБ;

$d$  – с порогом слышимости свыше 65 дБ;

$n$  – число членов летных экипажей на данном виде воздушного судна, принятое за 100%.

Более 60% (62,0%) обследованных составил лётный состав, выполнявший полеты на трех типах ВС:

**Boeing - 737/747/757/767/777** - пассажирский (грузовой) самолет с турбовентиляторным типом двигателя, дальностью полёта от 2500 км (Boeing – 737) до 12200 км (Boeing – 767) и от 103 до 425 мест для пассажиров – 26,0% (578 чел.);

**Airbus 319/320/321/330** – реактивный пассажирский самолёт, разработанный европейским консорциумом «Airbus S.A.S» для авиалиний малой и средней протяжённости – 15,1% (336 чел.);

**МИ-8; (МИ-26)** - самый массовый двухдвигательный вертолёт в истории авиации советско-российского производства – 20,9% (464 чел.);

**АН-24/26; АН 28/30/38/74** – взяты как ВС с наиболее высоким уровнем шума – 7,2% (161 чел.)

## ХАРАКТЕРИСТИКА ЧЛЕНОВ ЛЕТНЫХ ЭКИПАЖЕЙ

Воздушное судно		Члены летных экипажей			
Тип	Шум в кабине, дБА	Число	Средний возраст, лет	Стаж работы, лет	Длительность полётного времени, часов
<i>Boeing</i>	74,1	578	54,6	31,5	14204,9
<i>Airbus</i>	73,5	336	56,0	32,7	14835,4
<i>МИ</i>	<b>84,6</b>	464	56,2	32,6	10118,6
<i>АН</i>	<b>94,0</b>	161	58,0	33,9	11782,2

Средний возраст, стаж летной работы и длительность полетного времени во всех группах статистически достоверно **не отличались**

**Сравнительная оценка «качества слуха»  
пилотов различных типов ВС на частоте 1 и 4 кГц**

Порог слышимости, дБ	Удельный вес пилотов с данным порогом слышимости на типе ВС, %							
	1 кГц				4 кГц			
	Boeing	Airbus	МИ	АН	Boeing	Airbus	МИ	АН
0 – 20 (отл.)	87,8	73,8	77,3	74,2	32,9	25,8	24,2	20,4
25 – 40 (хор.)	11,5	23,8	20,7	25,0	41,3	36,9	36,5	34,2
45 – 60 (уд.)	0,6	2,4	2,0	0,8	22,0	28,3	28,2	31,7
65+ (неуд.)	0,1	0,0	0,0	0,0	3,8	9,0	11,1	13,7
Групповой индекс качества слуха	0,93	0,85	0,87	0,86	0,39	0,21*	0,17*	0,08*

\* - Различия статистически достоверны ( $p < 0,05$ ) по сравнению с пилотами Boeing

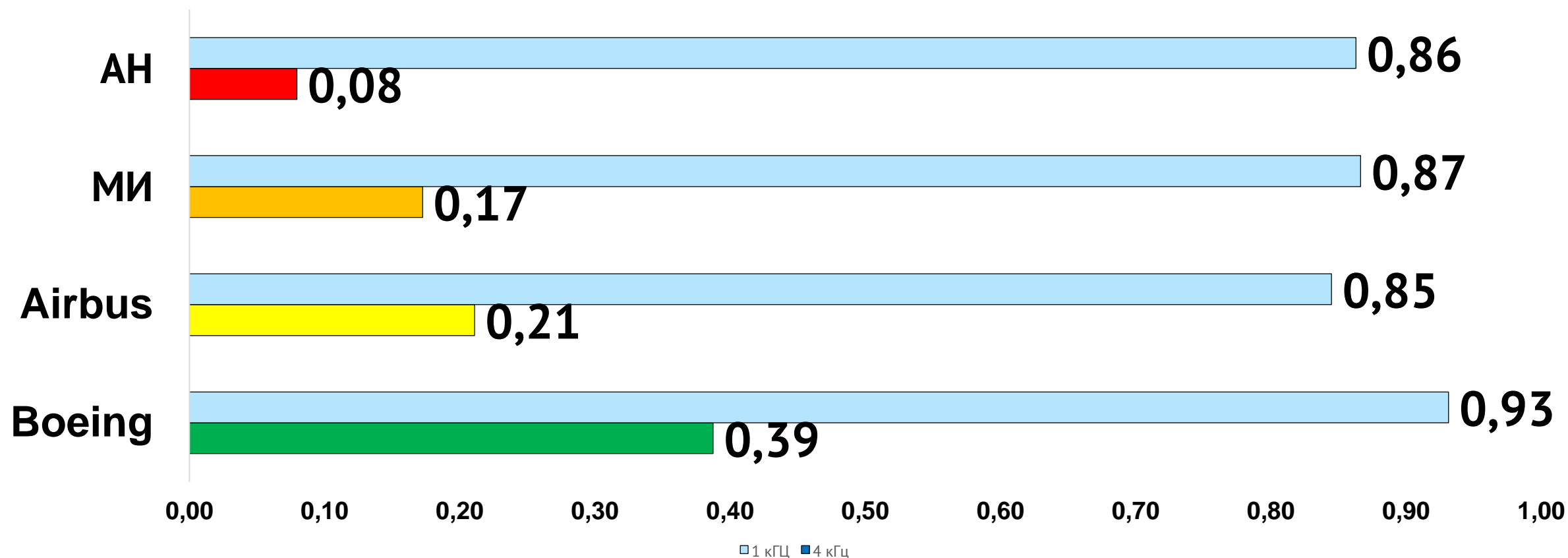
## «КАЧЕСТВО СЛУХА»

На частоте 4 кГц (воздействие шума) пороги слышимости снижаются от пилотов Boeing к пилотам МИ и АН, **различия статистически значимы.**

На частоте 1 кГц (речевая частота) тип ВС **не влияет на пороги слышимости** : величины Индекса качества слуха у всех пилотов статистически не различимы.



*ГРУППОВОЙ БЕЗРАЗМЕРНЫЙ ИНДЕКС КАЧЕСТВА СЛУХА  
У ЧЛЕНОВ ЛЕТНЫХ ЭКИПАЖЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ  
НА ЧАСТОТАХ 1 И 4 КГЦ*



# ***Модели логистической регрессии***

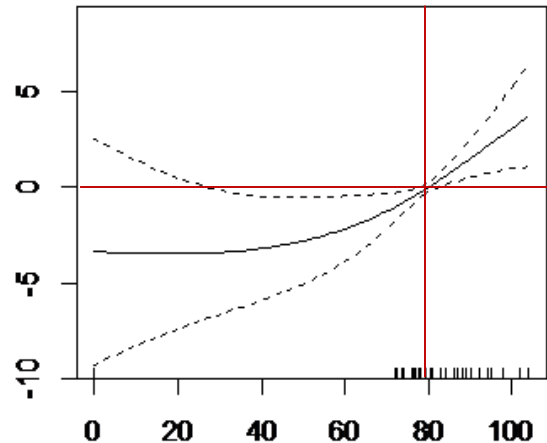
***Независимые переменные по отношению к порогу слышимости:***

- Уровень шума в кабине***
- общий стаж работы в лётной профессии***
- общее полётное время***
- Наличие патологии системы кровообращения***

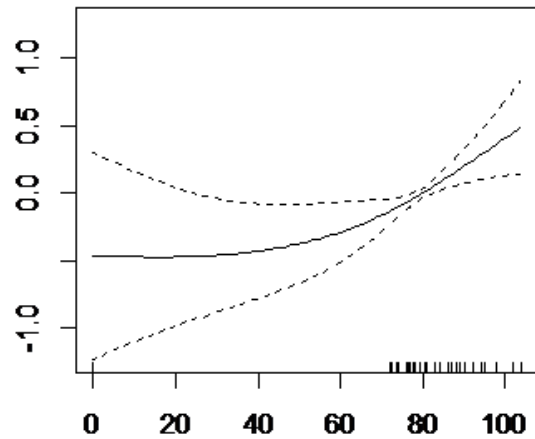
## Модели логистической регрессии (порог слышимости – шум, стаж, полетное время)

Частота, кГц	Шум, дБА	Стаж, лет	Полетное время, час	% объясненной дисперсии
1	0,365	0,223	0,00007***	2,0
2	0,1302	0,0817	0,0120 *	0,765
3	0,00884 **	0,02762 *	0,28896	1,35
4	0,0178 *	0,000002***	0,2446	3,24
6	0,130	0,000006***	0,929	3,29
8	0,208	0,00001***	0,578	2,54

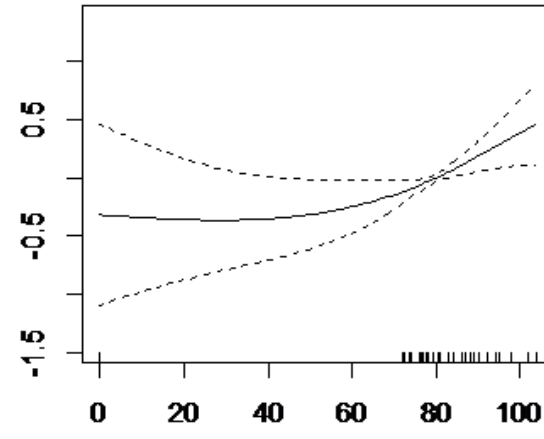
# Модели логистической регрессии зависимости порогов слышимости от уровня внутрикабинного авиационного шума



$(3+4)/2$ , кГц ( $p=0,00772$  \*\*)



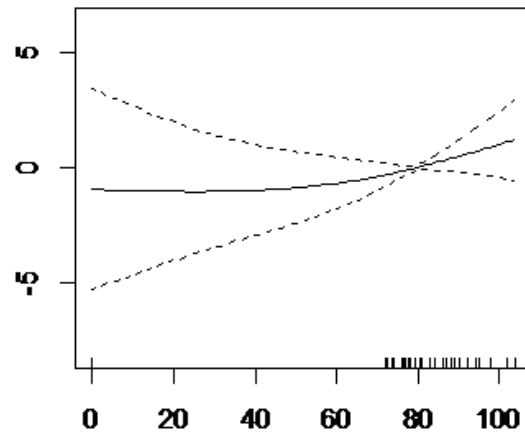
3, кГц ( $p=0,00598$  \*\*)



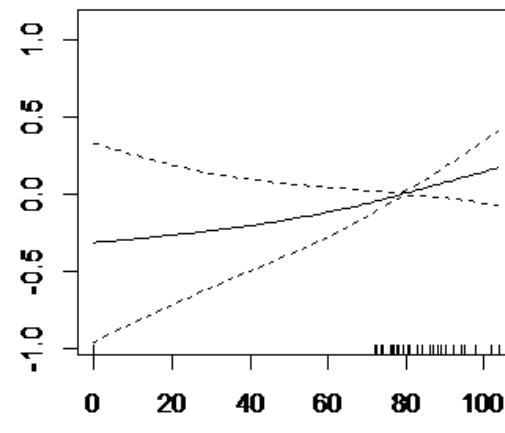
4, кГц ( $p=0,0178$  \*)

- Шум вызывает у членов лётных экипажей повышение порогов слышимости на частотах **3 и 4 кГц**, причем начальные признаки зависимости возникают не ранее, чем при уровне шума **80 дБА**

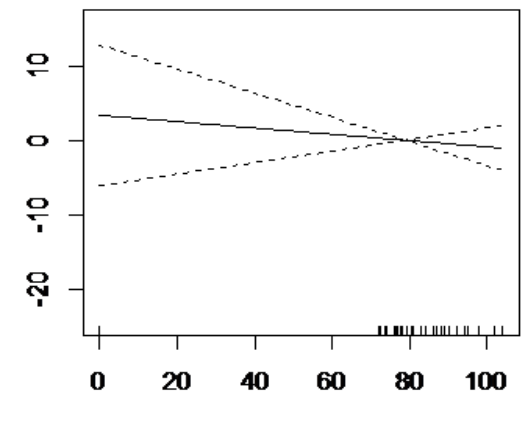
Повышение порогов слышимости на частотах **1, 2, 6 и 8 кГц** не зависит от влияния авиационного шума.



1, кГц ( $p=0,128404$ )

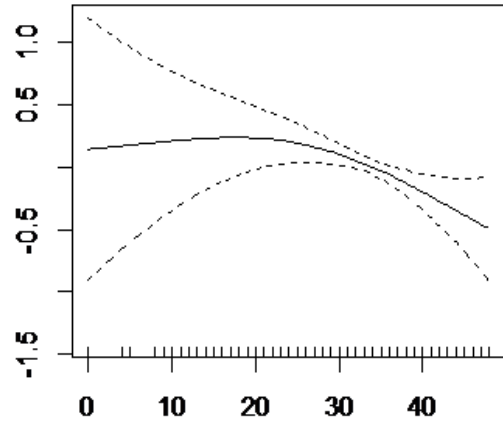


2, кГц ( $p=0,2578$ )

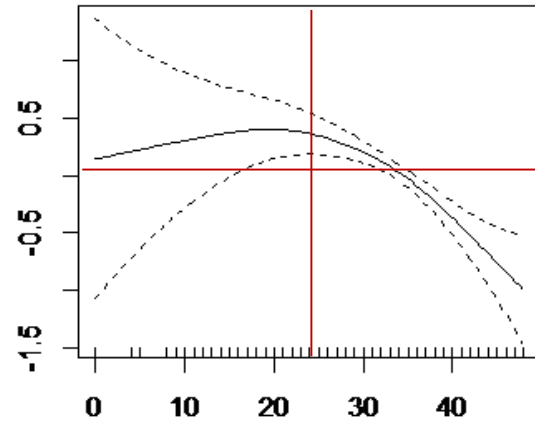


8, кГц ( $p=0,47913$ )

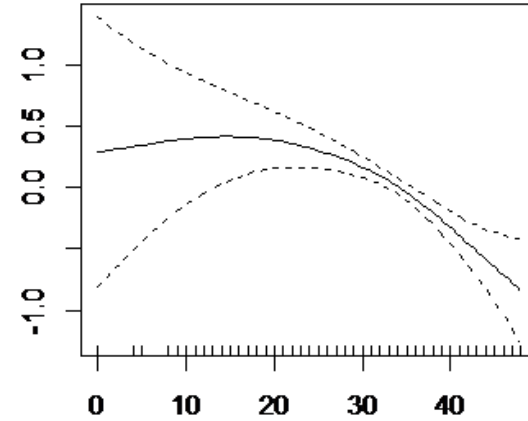
# Модели логистической регрессии зависимости порогов слышимости от стажа лётной работы



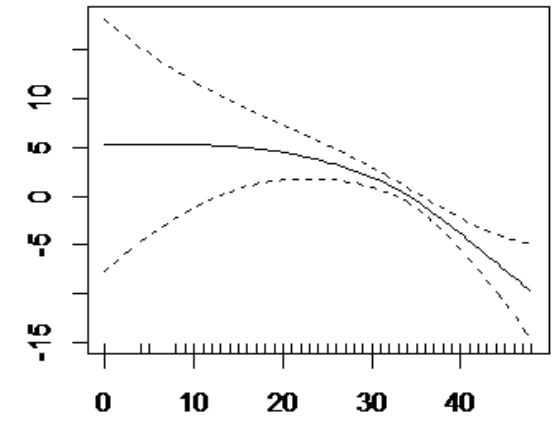
3, кГц ( $p=0,02762^*$ )



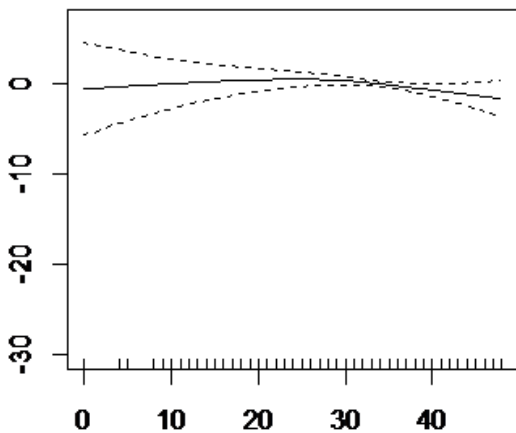
4, кГц ( $p=0,000002^{***}$ )



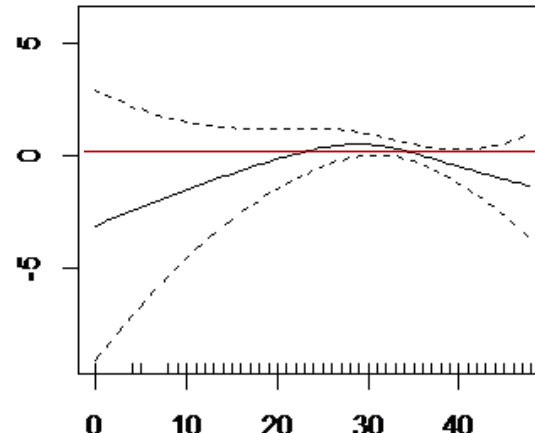
6, кГц ( $p=0,000006^{***}$ )



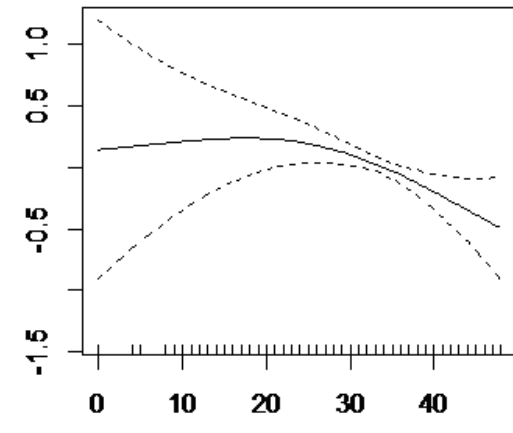
8, кГц ( $p=0,00001^{***}$ )



$(0,5+1+2)/3$ , кГц ( $p=0,19525$ )



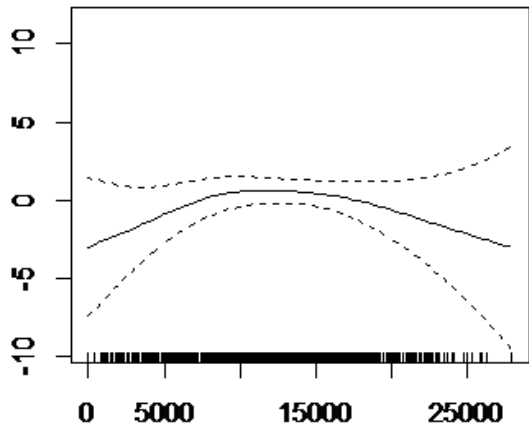
1, кГц ( $p=0,173929$ )



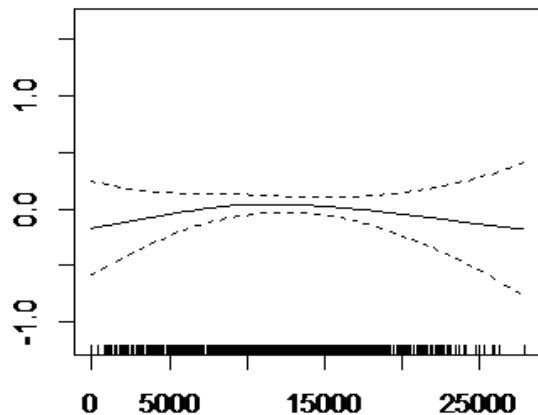
2, кГц ( $p=0,0817$ )

- Наиболее высокий уровень зависимости порогов слышимости от стажа работы выявлен на частотах 4, 6 и 8 кГц. При этом с увеличением стажа работы свыше 20 лет степень зависимости резко снижается<sub>21</sub>

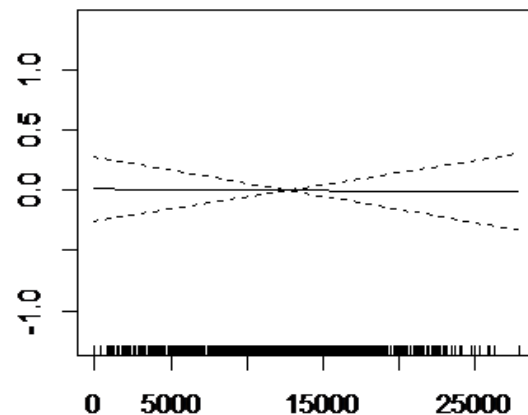
# Модели логистической регрессии зависимости порогов слышимости от длительности полётного времени



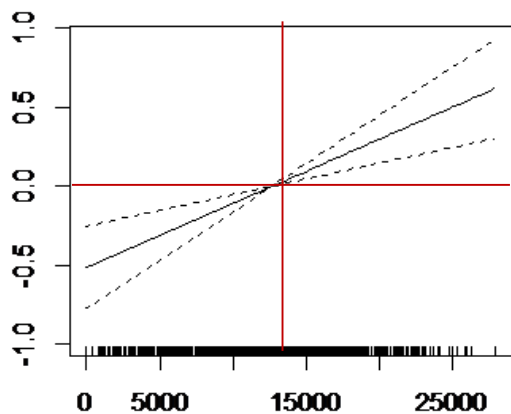
$(3+4+6+8)/4$ , кГц ( $p=0,26548$ )



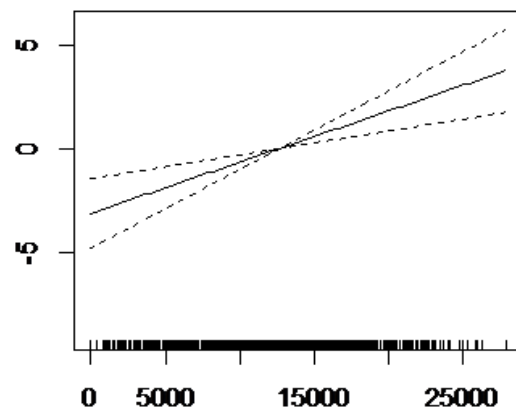
4, кГц ( $p=0,51746$ )



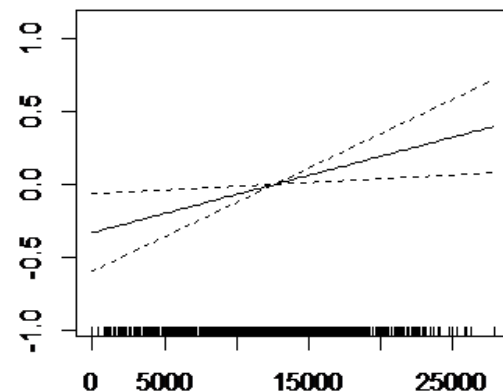
6, кГц ( $p=0,929$ )



$(0,5+1+2)/3$ , кГц ( $p=0,00001^{***}$ )



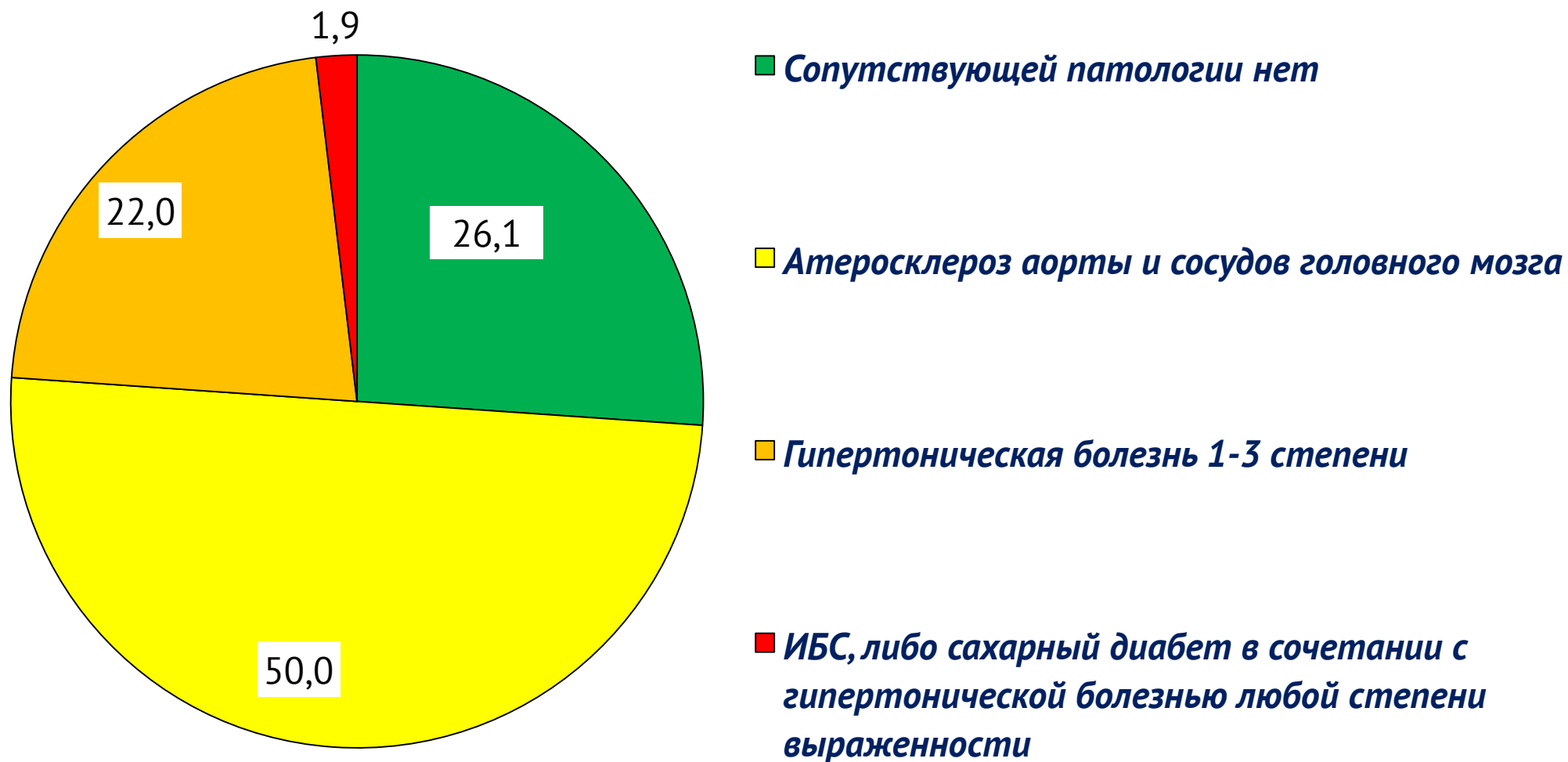
1, кГц ( $p=0,00018^{***}$ )



2, кГц правое ухо ( $p=0,0130^*$ )

- Установлено, что повышение порогов слышимости **не зависит** от длительности полётного времени в области восприятия частот **3, 4 и 6 кГц**
- В речевом диапазоне частот **0,5, 1 и 2 кГц выявлена сильная статистическая значимость** повышения порогов слышимости от полётного времени.

## **Болезни системы кровообращения и их сочетания у обследованных членов летных экипажей**



**Модели логистической регрессии**  
(порог слышимости – патологии ССС)

Частота, кГц	Атеросклероз (АС)	АС+ГБ-1	АС+ ГБ-2, 3	АС+ГБ+ ИБС/СД
1	$1,7e^{-05}$ ***	0,658	$0,00729$ **	$0,00205$ **
2	$1,44e^{-09}$ ***	0,14	$0,000992$ ***	$0,00182$ **
3	$1,69e^{-09}$ ***	$0,00774$ **	$0,00111$ **	$0,000382$ ***
4	$1,56e^{-10}$ ***	$0,00839$ **	$1,48e^{-06}$ ***	$0,00219$ **
6	$5,58e^{-09}$ ***	$0,00502$ **	$4,11e^{-06}$ ***	0,17
8	$1,83e^{-06}$ ***	0,124	$0,000692$ ***	0,413



- *Выявлена сильная зависимость повышения порогов слышимости у лётного состава на всех частотах от наличия атеросклероза аорты и сосудов головного мозга, а также гипертонической болезни*
- *При более выраженных и осложненных формах патологии системы кровообращения выявлена статистически значимая зависимость ухудшения слуха **в речевом диапазоне 0,5 – 2 кГц.***

кГц	Уровень статистической значимости			
	Атеросклероз (АС)	АС+ГБ-1	АС+ГБ-2, 3	АС+ГБ+ИБС/СД
0,5	+++	-	++	++
1	+++	-	+++	++
2	+++	++	++	+++
3	+++	++	+++	
4	+++	+	+++	-
6	+++	-	+++	-
8	+++	+	+++	+

## ВЫВОДЫ

- **Шум вызывает** у членов лётных экипажей повышение порогов слышимости на частотах **3 и 4 кГц**, причем начальные признаки зависимости возникают не ранее, чем при уровне шума **80 дБА**
- Не выявлено случаев снижения слуха у пилотов, занятых на любых типах ВС в условиях воздействия кабинного шума **< 80 дБА**, что исключает необходимость проведения расчетов акустической нагрузки и позволяет использовать в качестве гигиенического основания для экспертизы связи заболевания с профессией уровень внутрикабинного шума, указанный в технической характеристике воздушного судна.
- Пороги слышимости на частотах **1, 2, 6 и 8 кГц не зависят** от влияния шума в кабине воздушного судна.<sup>26</sup>

- С увеличением стажа работы в целом по когорте пороги слышимости возрастают.
- При стаже летной работы свыше 20 лет зависимость порогов слышимости от стажа летной работы резко падает, что связано, по-видимому, с формированием возрастных порогов слышимости, закономерности развития которых значительно более стабильны.
- Длительность полетного времени на частоте 4 кГц не влияет на величину порогов слышимости.

- 
- *Выявлена сильная зависимость повышения порогов слышимости на всех частотах аудиометрического диапазона у членов лётных экипажей, имеющих начальные доклинические атеросклеротические изменения сосудов (аорты и сосудов головного мозга) и сформированную форму гипертонической болезни.*
  - *При более выраженных и осложненных формах патологии системы кровообращения (сочетании гипертонической болезни с ИБС или сахарным диабетом) пороги слышимости ухудшаются в речевом диапазоне 0,5 – 2 кГц*

---

## **Перспективы дальнейших исследований:**

- **Выявление основных причин высокой частоты патологии сердечно-сосудистой системы у членов летных экипажей на основе многомерных баз данных с учетом как экзогенных, так и эндогенных факторов риска, включая элементы образа жизни и производственные факторы**
- **Разработка и реализации системы мер первичной профилактики патологии сердечно-сосудистой системы у членов летных экипажей как основной причины профессиональной непригодности.**

---

# СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ



8 (800) 333-0077  
[www.kiout.ru](http://www.kiout.ru)