

**ФГБНУ «НИИ МТ»**

**«Использование модели стандарта ISO  
1999-2013 для оценки и прогноза потерь  
слуха на примере пилотов гражданской  
авиации»**

**д.м.н. Л.В.ПРОКОПЕНКО**

**к.м.н. О.К.КРАВЧЕНКО**

**к.б.н. Н.Н.КУРЬЕРОВ**

**к.м.н. А.В.ЛАГУТИНА**

- Шум является наиболее значимым фактором на рабочих местах лиц летных профессий.
- 
- Действие виброакустических факторов в сочетании с выраженными нервно-эмоциональными нагрузками способствует развитию высоких уровней общей заболеваемости у лиц летных профессий
- Анализ состояния здоровья лиц летных экипажей свидетельствует о высоких уровнях профессиональной заболеваемости, в первую очередь, сенсоневральной тугоухости (за 2015г.-21.7%), что составило практически 7% от всех случаев профзаболеваний в стране.

## ЗНАЧИМОСТЬ ПРОБЛЕМЫ

- По данным Государственных докладов «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в **2015** и **2016** годах», основную долю профессиональных заболеваний, связанных с воздействием физических факторов в стране, составляет сенсоневральная тугоухость (СНТ) - 56,33% в 2015г. и 55,88% в 2016г.
- Среди профессиональных групп, отнесенных к группам наиболее подверженных заболеванию СНТ в **2015** и **2016** гг. выделены:
  - Пилоты – 8,44% и 8,41%,
  - Бортмеханики – 4,05%,
  - Командиры ВС – 4,9% и 3,78%
  - Командиры / инструкторы ВС – 4,27% и 3,95%от всех заболевших СНТ наряду с такими профессиями, как водители автомобиля (4,27%) и проходчики (4,17% и 4,86%).
- В 2015 г. лицам летных экипажей было поставлено 445 диагнозов СНТ
- Развитие высоких уровней профессиональной и общей заболеваемости у лиц летных профессий обусловлено действием виброакустических факторов в сочетании с выраженными нервно-эмоциональными нагрузками.

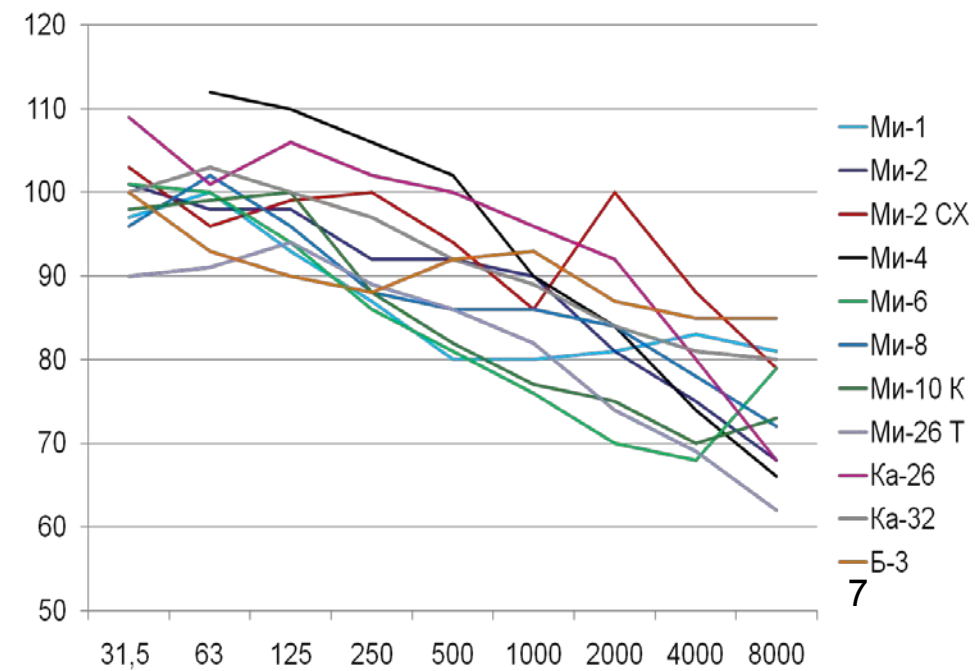
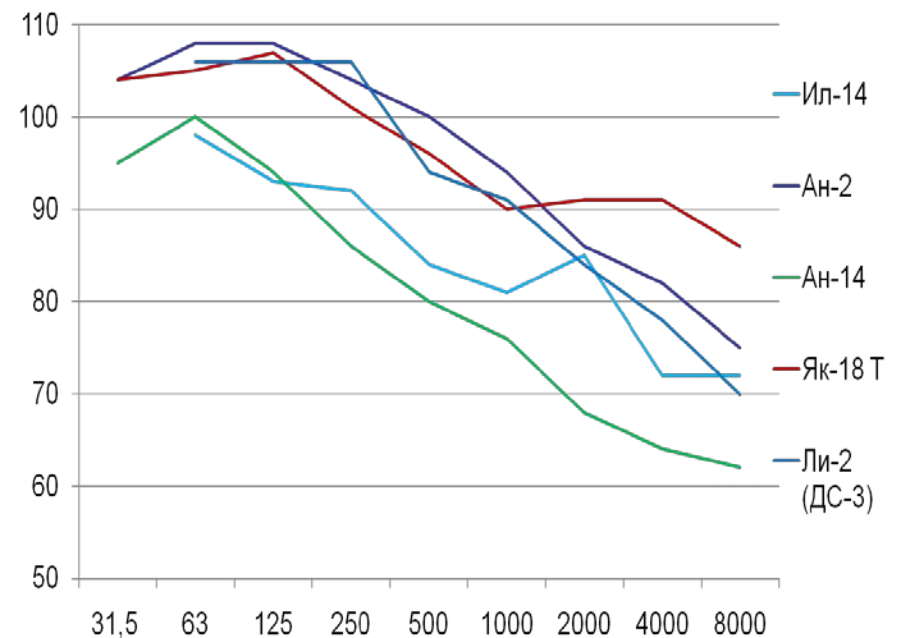
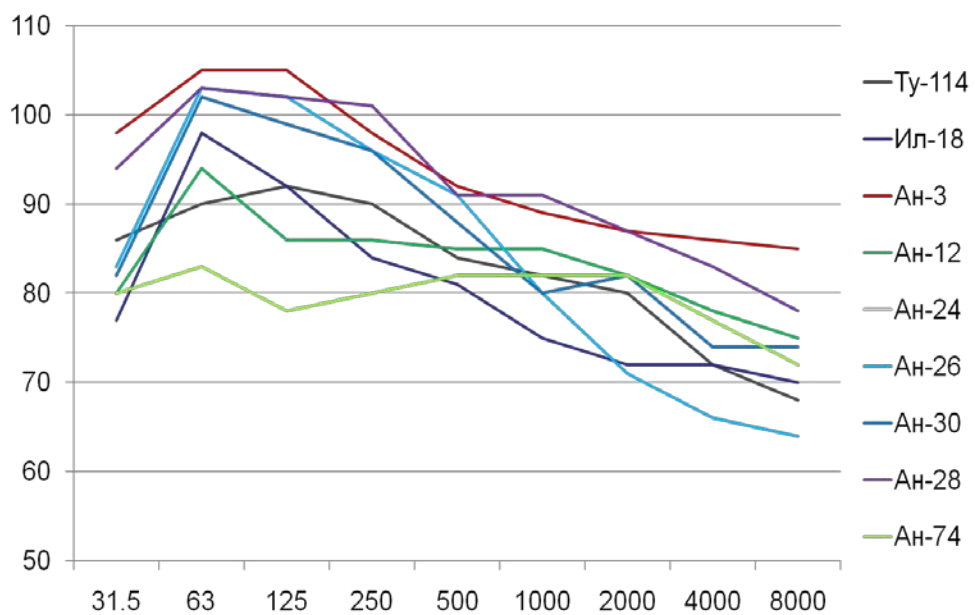
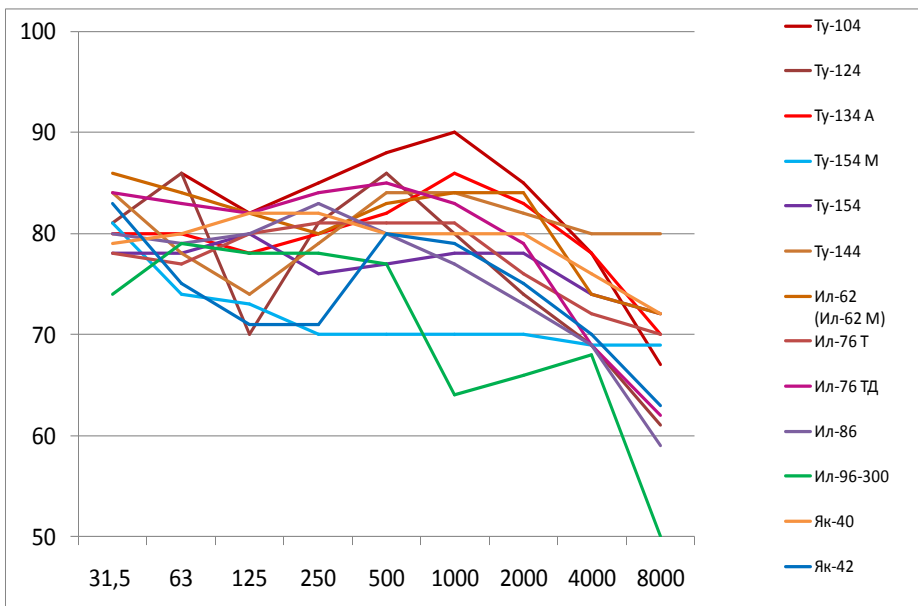
## Параметры, влияющие на условия труда членов летных экипажей ВС

- Тип воздушного судна (уровень шума в кабине ВС)
- Акустическая эффективность авиагарнитур
- Продолжительность , дальность и частота полетов
- Количество взлетов и посадок
- Выполняемые должностные обязанности, в т.ч. расположение рабочего места
- Длительность эксплуатации типа ВС
- Невозможность использования СИЗ органа слуха
- Высота эшелона
- Ночные полеты
- Используемое оборудование для радиолокации, навигации и связи

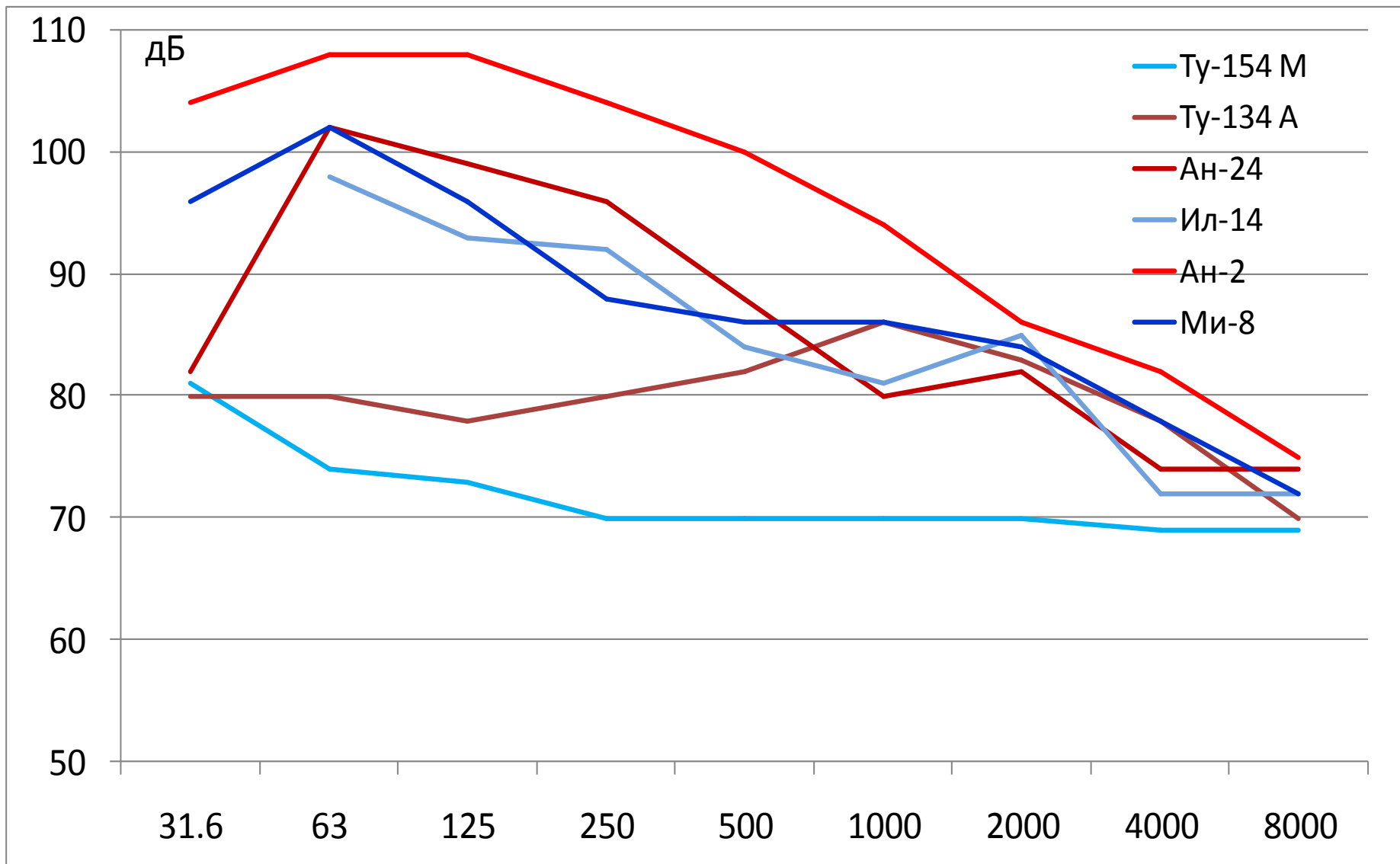
- **Целью** настоящей работы являлось исследование соответствия шумовых экспозиций и потерь слуха по реальным аудиометрическим данным и прогнозам по ИСО 1999-2013.
- **Основанием** для выполнения работы является НИР № 0527-214-0017, подтема «Научное обоснование критериев и методов оценки и контроля шумовых экспозиций и сопутствующих факторов в трудовой деятельности работников наземных служб и летных профессий ГА с учетом средств индивидуальной защиты и радиогарнитур»

- Для выполнения поставленной цели, в работе были решены следующие задачи:
  - Разработка технологии расчета формирования шумовой экспозиции в течение рабочего стажа и выполнены расчеты годовых и стажевых акустических экспозиций действующих на членов летных экипажей ВС ГА
    - Разработка технологии и расчеты прогнозов риска нарушений слуха при действии шума в зависимости от экспозиции шума, стажа летной работы и возраста в соответствии с рекомендациями стандарта ISO 1999:2013 «Акустика. Определение профессиональной экспозиции шума и оценка нарушений слуха, вызванных шумом» на примере пилотов гражданской авиации по материалам историй болезни больных клиники ФГБНУ «НИИ МТ».
    - Оценка потерь слуха по критериям ГОСТ 12.4.062-78 и Федеральных клинических рекомендаций по диагностике, лечению и профилактике потери слуха, вызванной шумом (2015г.)

# Спектральные характеристики шума в кабинах ВС ГА

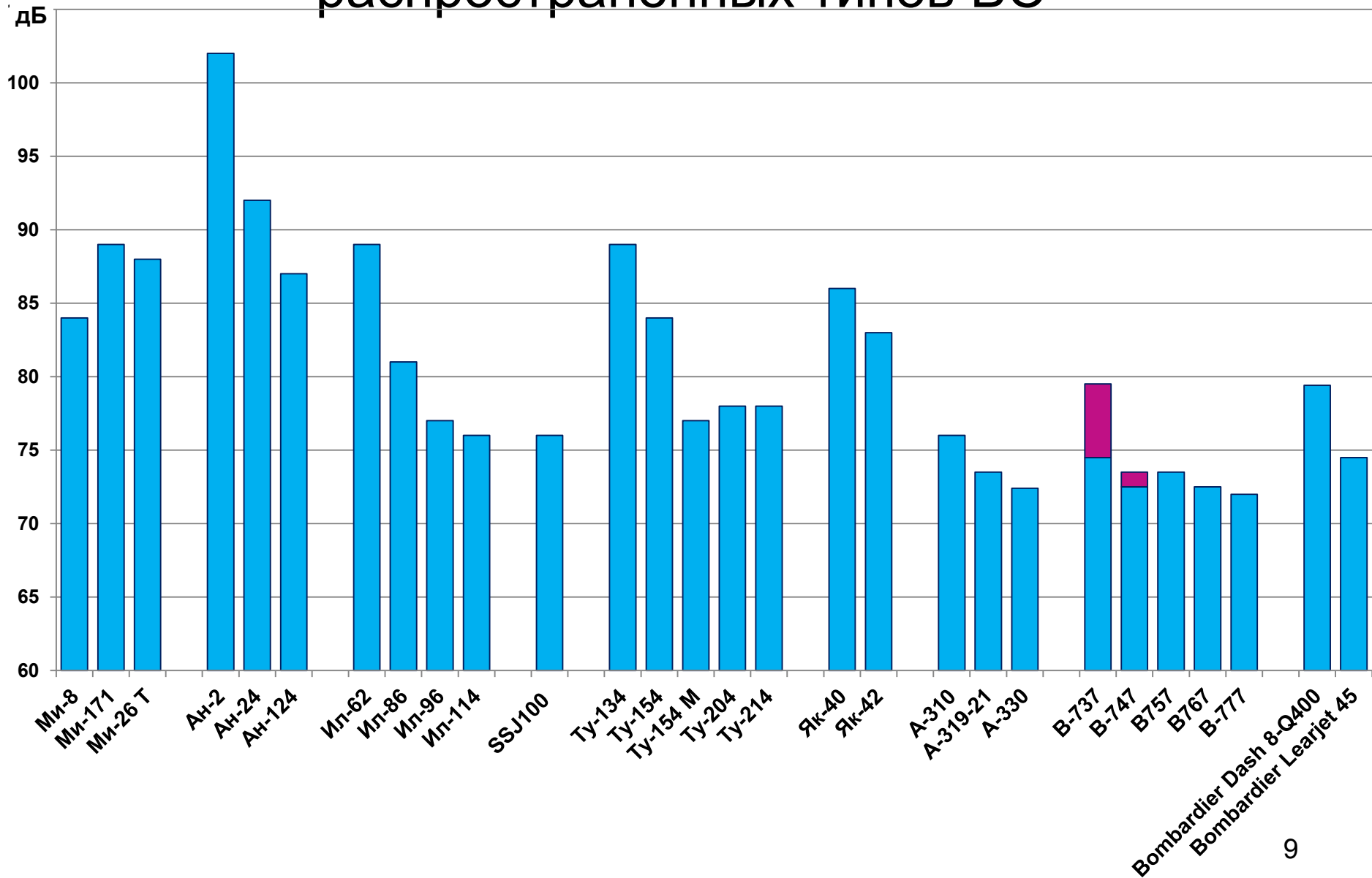


# Сравнение спектральных характеристик шума наиболее распространенных типов ВС





# Уровни звука А в кабинах наиболее распространенных типов ВС



Определение уровня шумовой экспозиции (эквивалентного уровня звука А с учетом дополнительной звуковой нагрузки в результате прослушивания эфира и речевого радиообмена) в соответствии с МУК 4.3.2231-07 и МУК 4.3.2499-09

$$L_{A,eq,m} = 10 \lg \left( \frac{T_m}{T_{N.m}} \left( K_a * 10^{0.1(L_k + L_{эфг} + L_a)} + K_p * 10^{0.1(L_k + L_{эфг})} \right) \right) + L_{ext}$$

- $T_m$  – фактическое полетного (летного) времени за месяц (час);
- $T_{N.m}$  – нормативное полетное время для данного типа ВС в месяц (час).
- $L_k$  – уровень звука А в кабине летного экипажа данного типа ВС в полете (дБ);
- $L_{эфг}$  – акустическая эффективность применяемого типа АГ (дБ);
- $L_a$  – дополнительная акустическая нагрузка (дБ);
- $K_a$  – длительность периода (интервала) активного прослушивания эфира и речевого радиообмена (%);
- $K_p$  – длительность периода (интервала) воздействия "уровня звука А в кабине с учетом акустической эффективности АГ" (%).
- $L_{ext}$  – Поправочный коэффициент, применяемый при превышении норм полетного времени для данного периода, определяется как  $10 \lg(T_{10} / T_{N,m})$ ;

# Проектом изменений СанПиН 2.5.1.2423-08 вводится новый нормируемый параметр

- эквивалентный уровень звука А за год ( $L_{A,eq,y}$ )

$$L_{A,eq,y} = 10 \lg \sum_{j=1}^{12} 10^{0.1 L_{A,eq,m,j}} - 10 \lg \left( \frac{T_{N,y}}{T_{N,m}} \right)$$

Где:

- $L_{A,eq,m,j}$  – эквивалентный уровень звука А с учетом дополнительной акустической нагрузки и акустической эффективности АГ за j-й месяц года, (дБ);
- $T_{N,y}$  – нормативное полетное (летное) время для данного типа ВС в год (час);
- $T_{N,m}$  – нормативное полетное (летное) время для данного типа ВС в месяц (час)

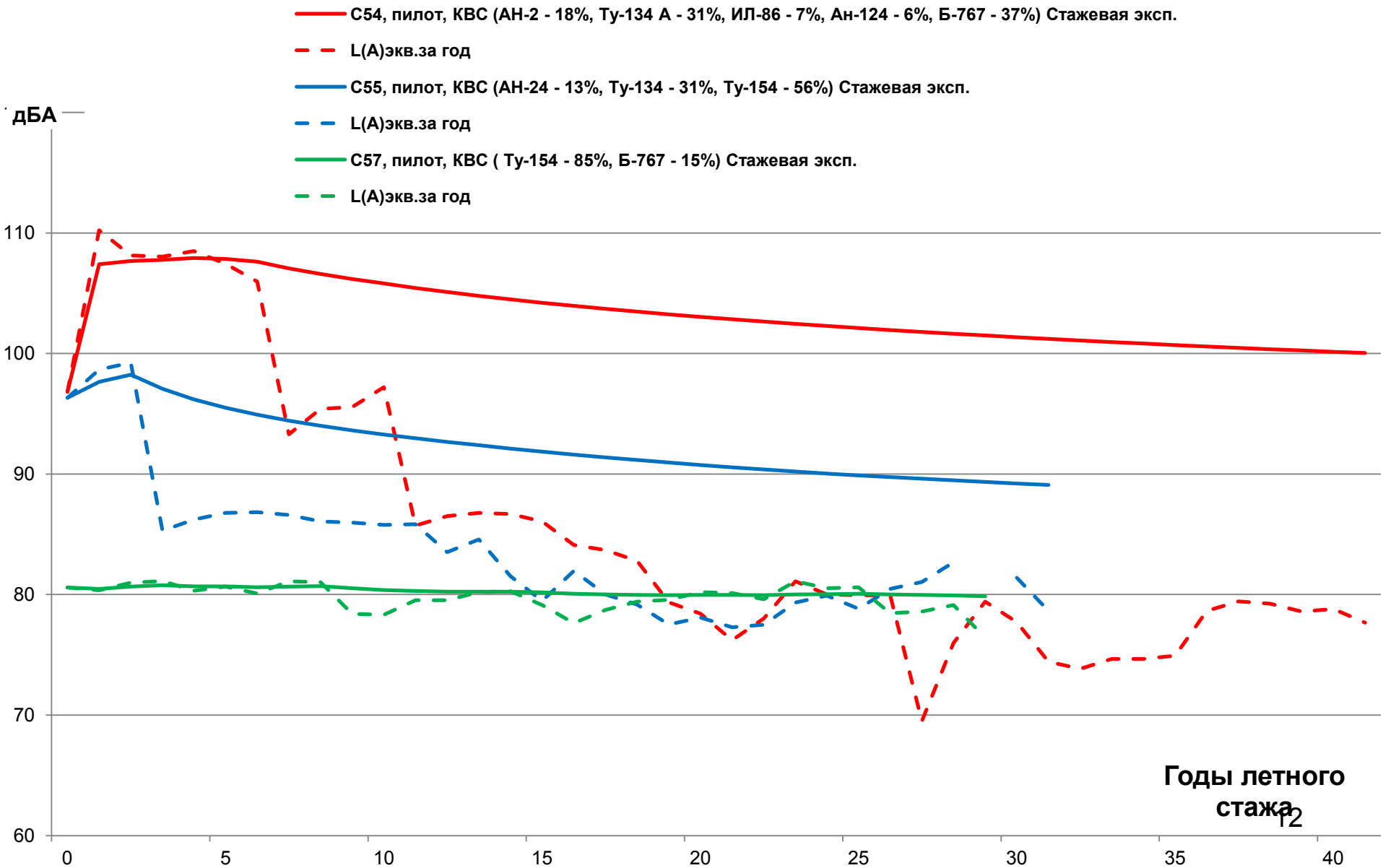
Дается возможность расчета эквивалентного уровня звука А за произвольный период летного стажа ( $L_{A,eq,T}$ ), в том числе и за весь стаж

$$L_{A,eq,T} = 10 \lg \sum_{j=1}^T 10^{0.1 L_{A,eq,m,j}} - 10 \lg(T)$$

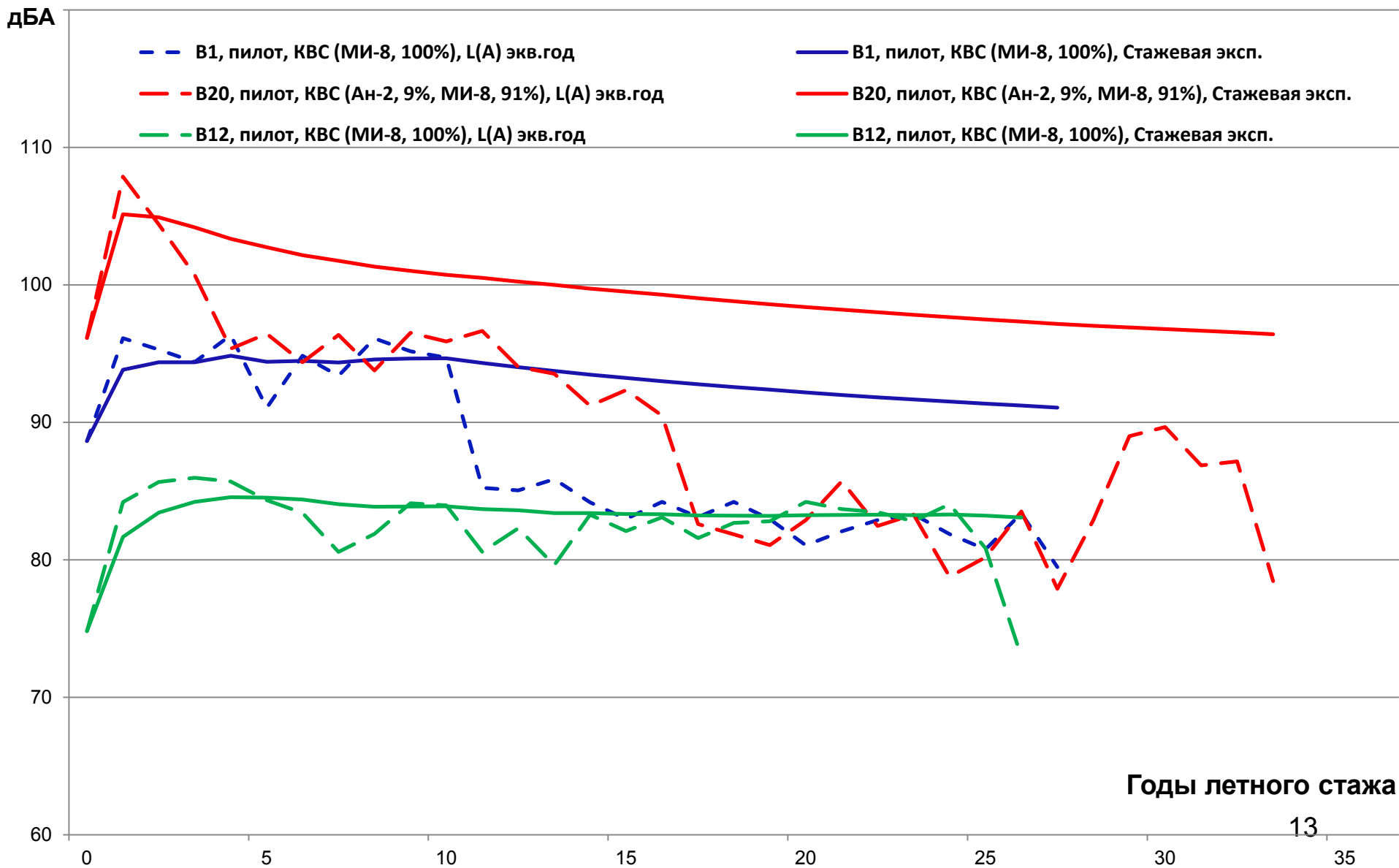
где:

- $L_{A,eq,m,k}$  – эквивалентный уровень звука А с учетом дополнительной акустической нагрузки и акустической эффективности АГ за k-й год оцениваемого периода летного стажа (дБ);
- $k = 1, 2, \dots, T$  – продолжительность оцениваемого периода летного стажа, месяцев

# Годовые эквивалентные уровни шума и формирование стажевой экспозиции шума у пилотов и КВС самолетов



# Годовые эквивалентные уровни шума и формирование стажевой экспозиции шума у пилотов и КВС вертолетов



# ГОСТ Р ИСО 7029-2011 Акустика. Статистическое распределение порогов слышимости в зависимости от возраста человека

## ISO 1999:2013 Acoustics. Estimation of noise induced hearing loss

позволяют рассчитать индивидуальные риски с заданной вероятностью в зависимости от пола, возраста, стажа и стажевой экспозиции шума для аудиометрического ряда частот 500 Гц, 1000 Гц, 2000 Гц, 3000 Гц, 4000 Гц, 6000 Гц.

- **Стандарты устанавливают принципы расчета индивидуальных рисков , терминологию и обозначения:**
- **Потеря слуха с возрастом (*hearing threshold level associated with age*)**  
- **HTLA (H);** 
$$H_{Q, md, Y} = a (Y-18)^2 + H_{18}$$
- **- Потеря слуха, вызванная шумом (*noise-induced permanent threshold shift*) - NIPTS (N);** 
$$N_{50} = [u + v \lg(t/t_0)](L_{EX} - L_0)^2$$
- **- Потеря слуха связанные с возрастом и шумом (*hearing threshold level associated with age and noise*) - HTLAN (H')**  
$$H' = H + N - (H \times N)/120 , \text{ дБ.}$$

Определение возрастной составляющей потерь слуха опирается на среднюю величину порогов слуха для популяционных составляющих мужчин и женщин в возрасте 18 лет.

Эти величины различны для разных стран.

В своих дальнейших исследованиях мы использовали данные приложения 2 ГОСТ 12.4.062-78 для здоровых мужчин возраста 20 лет для популяции нашей страны

| <b>Аудиометрическая частота, Гц</b> | <b>ГОСТ 12.4.062–78, Прил.2, 20лет, норм.слыш. мужчины</b> | <b>ISO 1999:2013, прил. А,</b> | <b>ISO 7029 (Robinson 1988) 20лет, норм.слыш. мужчины</b> | <b>29 CFR 1910.95, Прил. F</b> |
|-------------------------------------|--|--------------------------------|---|--------------------------------|
| 1000                                | <b>1</b>   | 1                              | 2   | 5                              |
| 2000                                | <b>2</b>   | 1                              | 3   | 3                              |
| 3000                                | -  | 2                              | 4   | 4                              |
| 4000                                | <b>3</b>   | 2                              | 4   | 5                              |
| 6000                                | -  | 3                              | 6   | 8                              |
| 8000                                | <b>3</b>   | 3                              | -   | -                              |

# Группы исследования

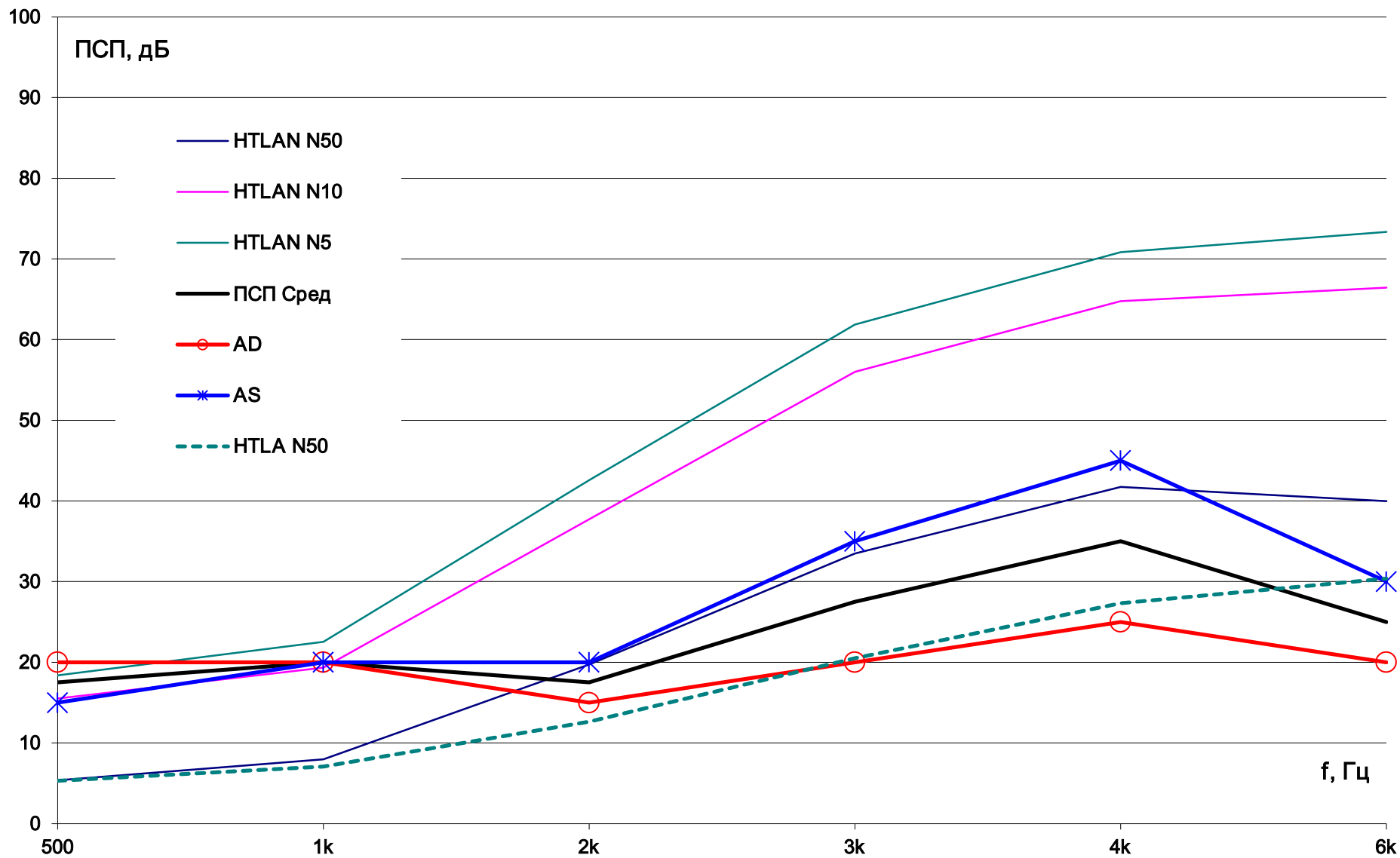
## для аудиологических и экспозиционных расчётов

- Группа 1.1 – пилоты и КВС вертолета МИ-8 (9 чел), летный стаж – 21 ÷ 32 года, средний месячный налет – 29 ÷ 45 часов, общий налет – 7900 ÷ 17400 час, эквивалентный уровень звука за летный стаж – 86 ÷ 98 дБА.
- Группа 1.2 – пилоты и КВС вертолета МИ-8 (10 чел), летный стаж – 15 ÷ 34 года, средний месячный налет – 25 ÷ 44 часа, общий налет – 5140 ÷ 16800 час, эквивалентный уровень звука за летный стаж – 82 ÷ 84 дБА.
- Группа 1.3 – пилоты и КВС вертолета МИ-8 и других ВС , МИ-4, АН-2, (4 чел), летный стаж – 15 ÷ 41 года, средний месячный налет – 22 ÷ 36 часа, общий налет – 6400 ÷ 17010 час, эквивалентный уровень звука за летный стаж – 92 ÷ 99 дБА. Налет на других ВС не превышает 20% общего полетного времени.
- Группа 1.4 – пилоты и КВС вертолета МИ-8 и других ВС , МИ-1, МИ-4, МИ-6, МИ-10, МИ-26, АН-2, (5 чел), летный стаж – 25 ÷ 35 лет, средний месячный налет – 28 ÷ 45 часов, общий налет – 8770 ÷ 16440 час, эквивалентный уровень звука за летный стаж – 99 ÷ 105 дБА. Налет на других ВС превышает 20% общего полетного времени.
- Группа 2.1 – бортмеханики вертолета МИ-8 (5 чел), летный стаж – 24 ÷ 34 года, средний месячный налет – 27 ÷ 40 часов, общий налет – 8530 ÷ 16440 час, эквивалентный уровень звука за летный стаж – 91 ÷ 93 дБА.
- Группа 2.2 – бортмеханики вертолета МИ-8 (10 чел), летный стаж – 24 ÷ 37 лет, средний месячный налет – 17 ÷ 43 часа, общий налет – 5040 ÷ 17110 час, эквивалентный уровень звука за летный стаж – 83 ÷ 86 дБА.
- Группа 3. пилоты и КВС самолетов различных типов

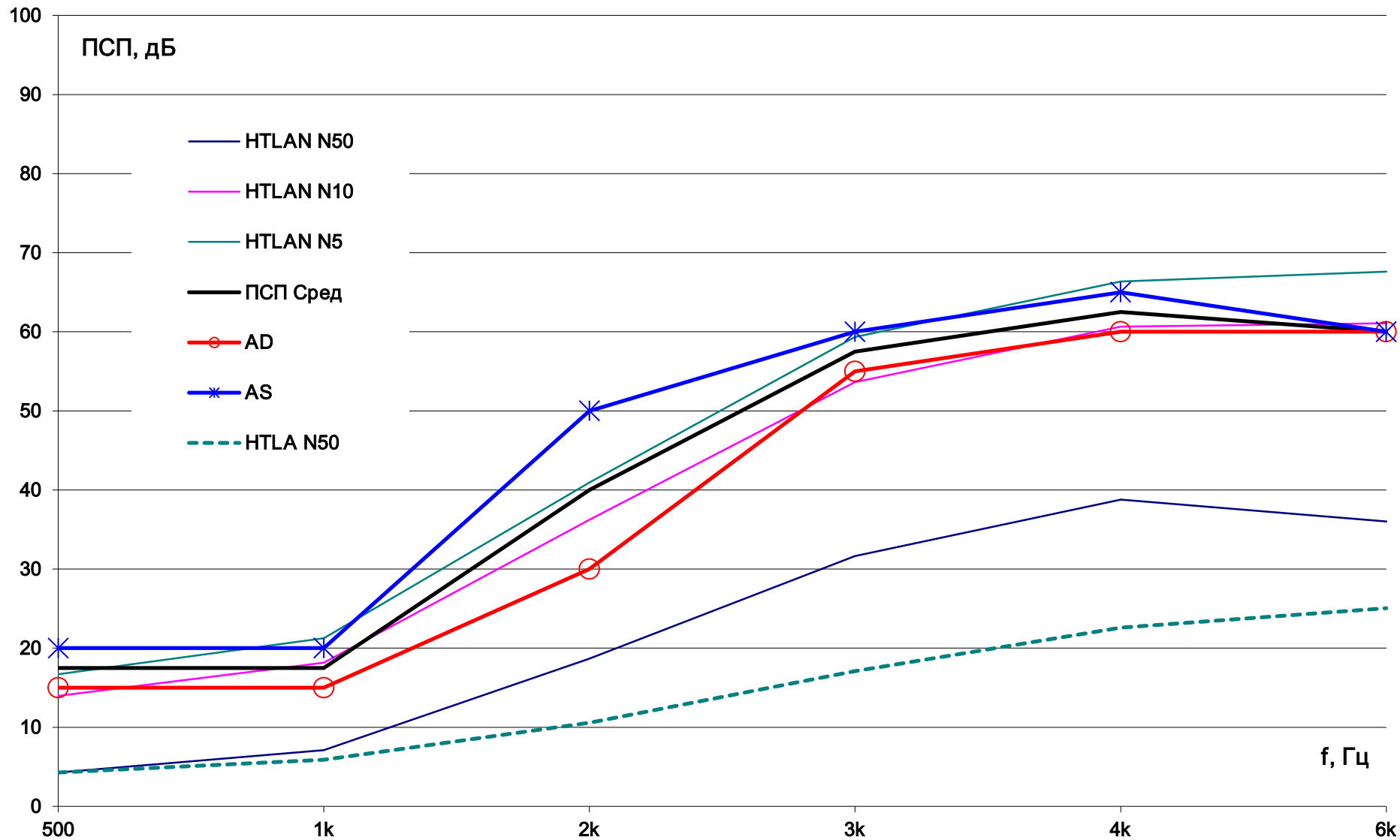
*Примечание: более низкие шумовые экспозиции в гр.1.2 и 2.2 объясняются применением в течение всего летного стажа авиагарнитуры ГСША-18 с акустической эффективностью 10 дБ*



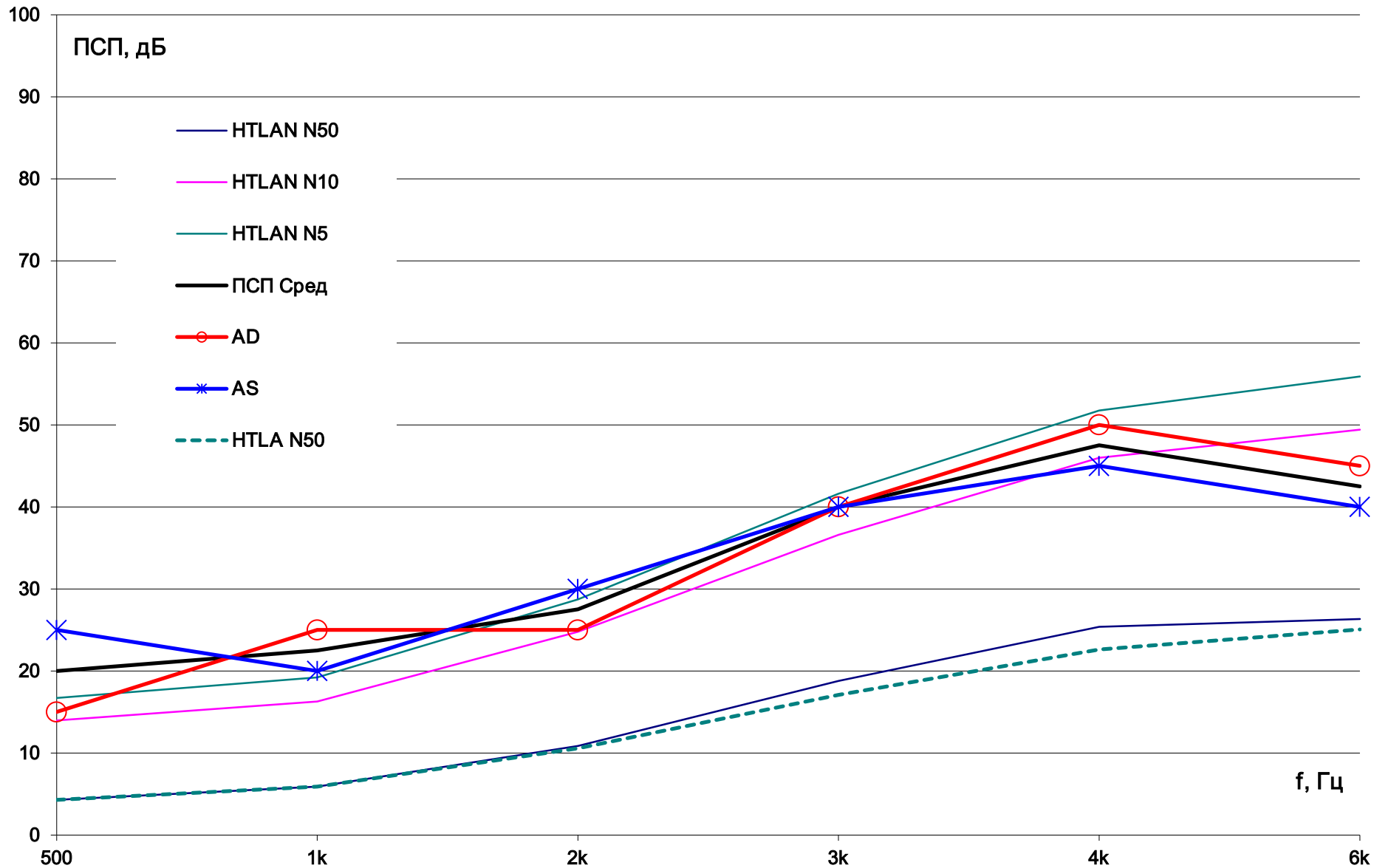
Гр1.1, В2, пилот, КВС, Возраст 57 лет, Стаж 29 лет,  
Стажевая экспозиция - 92.4 дБ, Тип ВС: МИ-8 - 100%



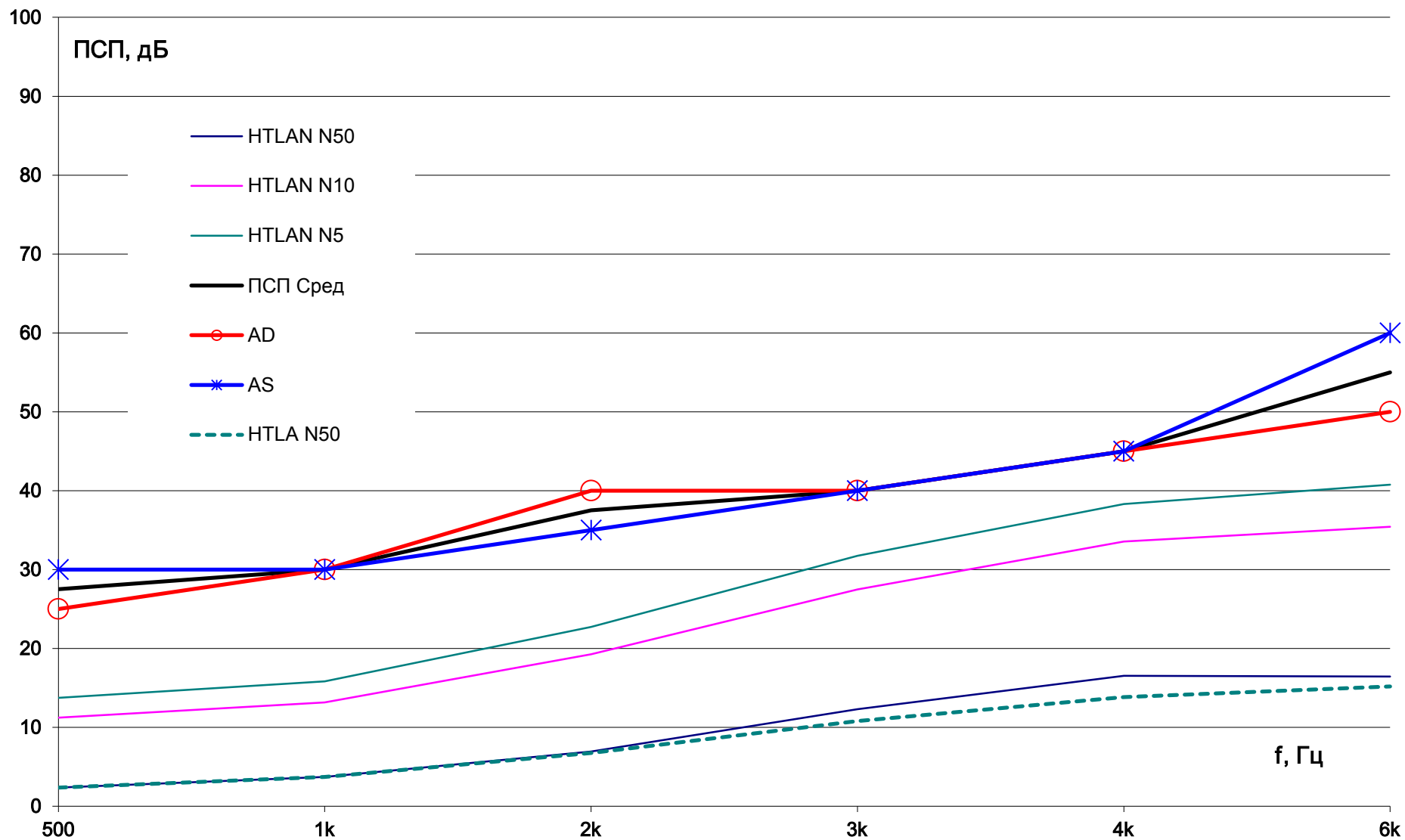
# Гр1.1, В4, пилот-КВС, Возраст 54лет, Стаж 31 лет, Стажевая экспозиция - 92.9 дБ, Тип ВС: МИ-8 - 100%



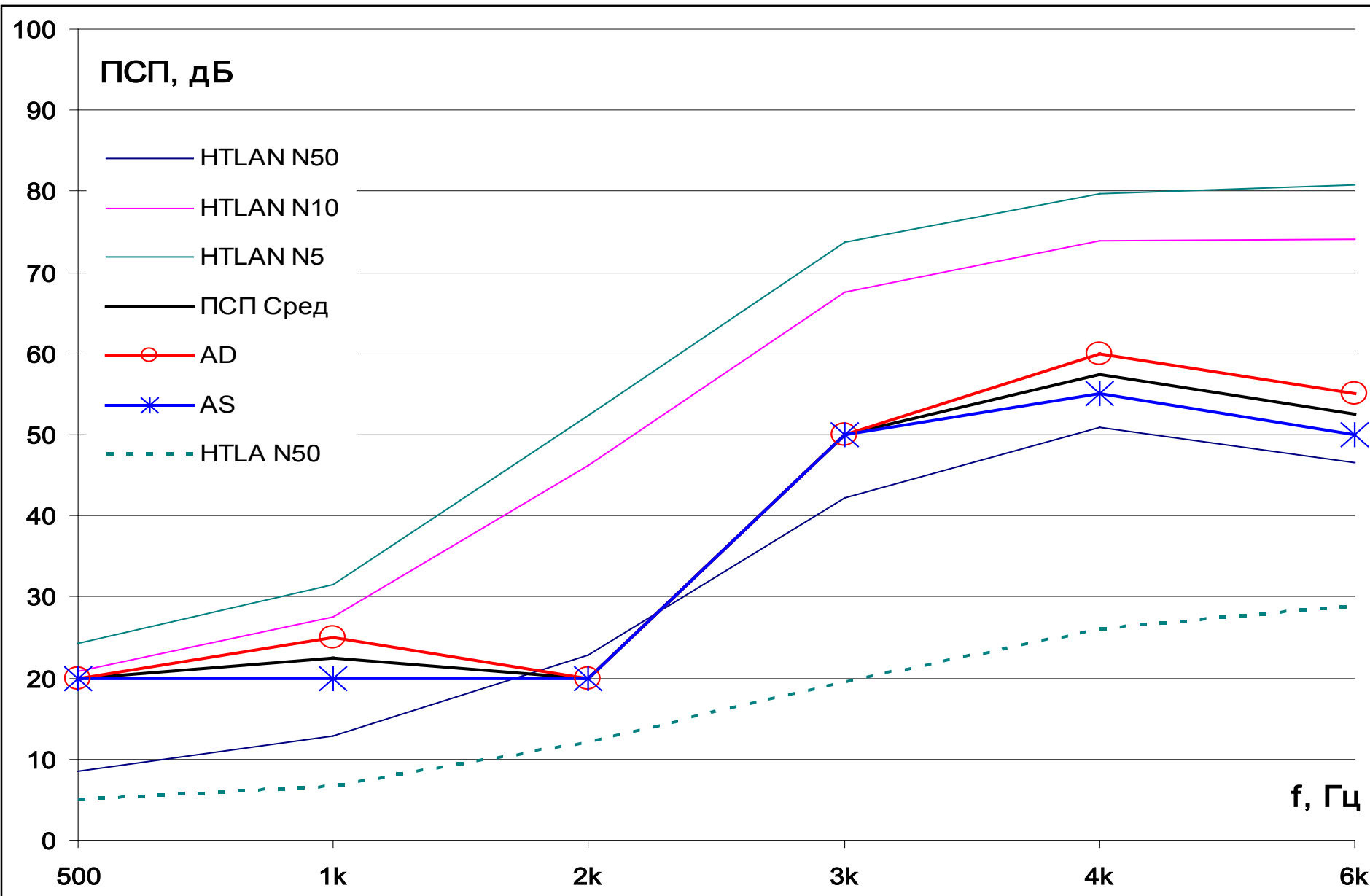
Гр.1.2, В16, пилот-КВС, Возраст 56лет, Стаж 31 год,  
Стажевая экспозиция - 82.4 дБ, Тип ВС: МИ-8 – 100%



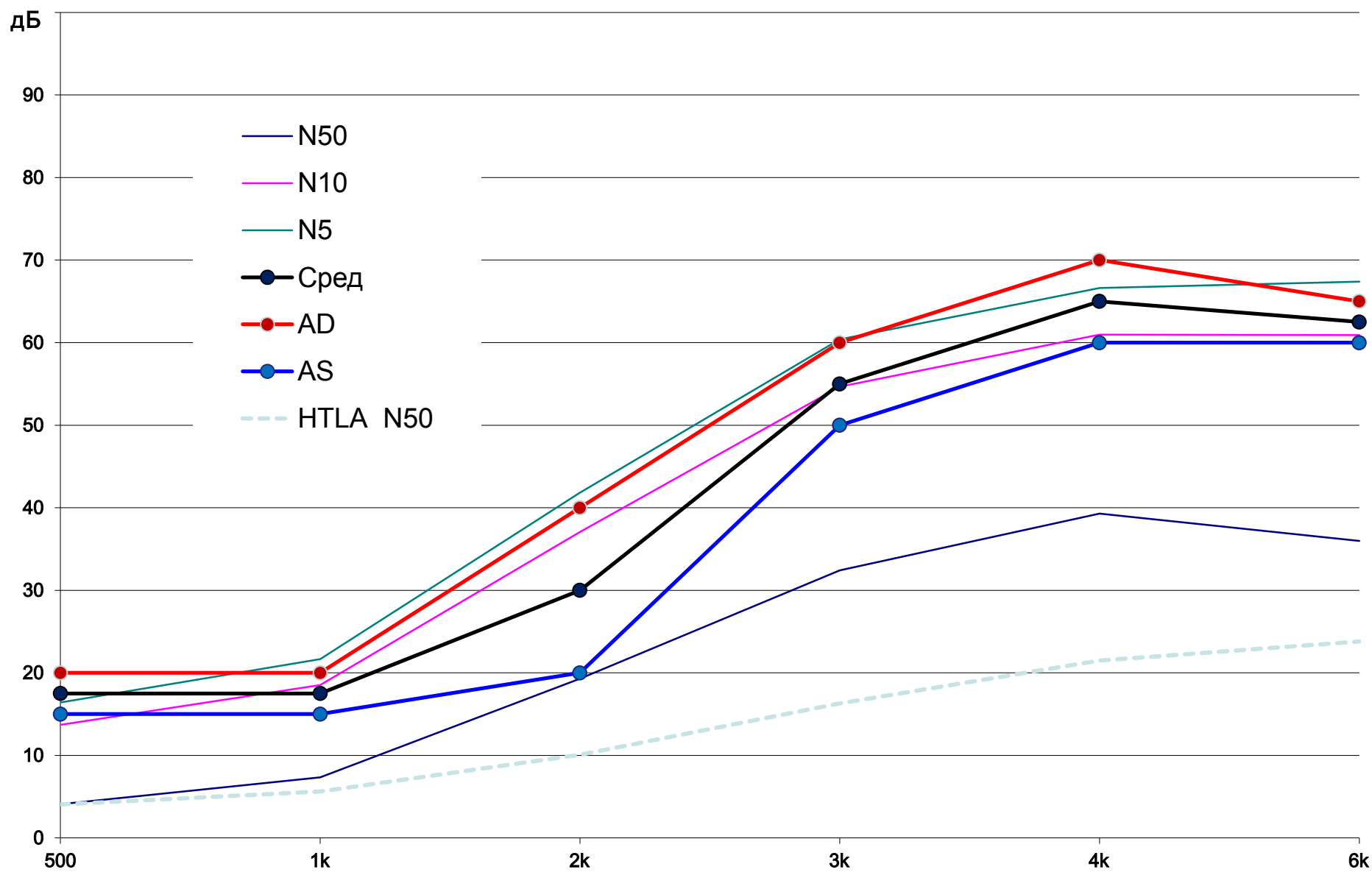
Гр.1.2, В13, 2й пилот, Возраст 44 года, Стаж 14 год,  
Стажевая экспозиция - 83.7 дБ, Тип ВС: МИ-8 – 100%  
перед летной работой 10 лет работал в наземных технических службах ГА



Гр. 1.3, К21, второй пилот, Возраст 56 лет, Стаж 33 года, Стажевая экспозиция - 99.1 дБ, Тип ВС: МИ-8 - 80%, АН-2 - 20%



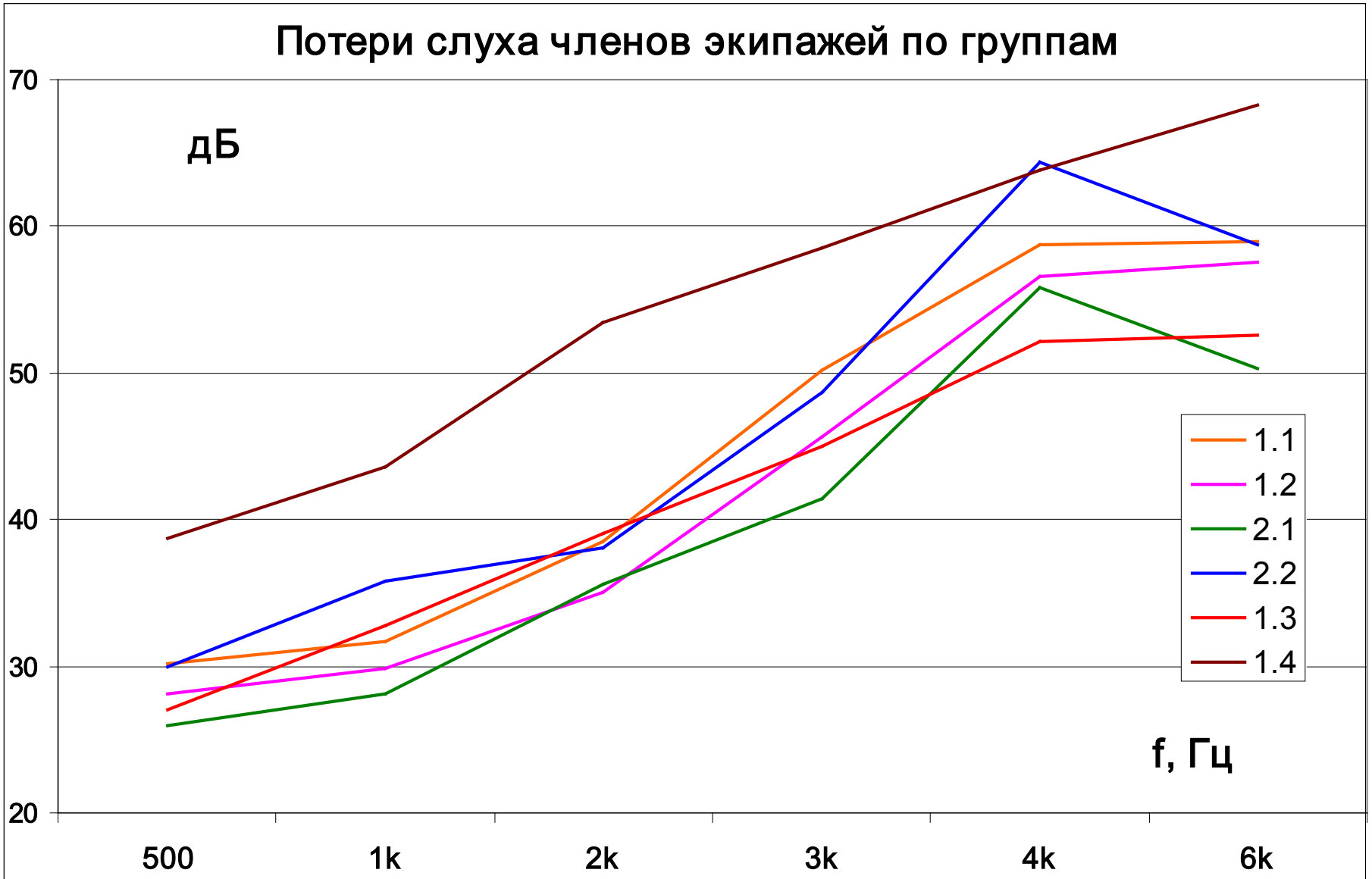
Гр. 2.1, В31, бортмеханик, Возраст 58 лет, Стаж 34 года,  
Стажевая экспозиция - 92.2 дБ, Тип ВС: МИ-8 – 100%



# Потери слуха по аудиометрическим исследованиям

(профили потерь слуха на аудиометрических частотах 500 ÷ 6000 Гц)

## Потери слуха членов экипажей по группам

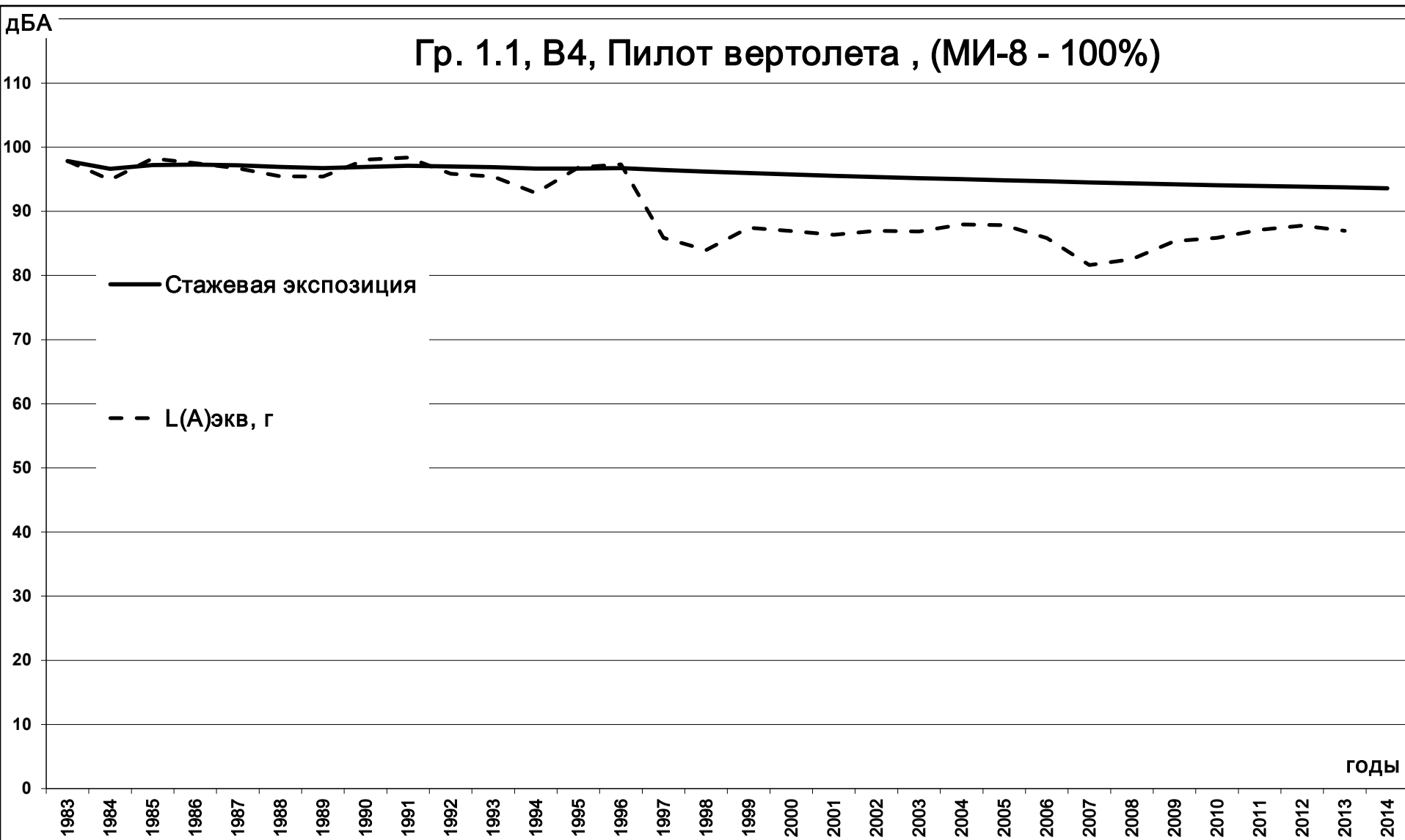


# Сопоставление стажевой и годовых экспозиций с прогнозом риска и реальными потерями слуха членов летных экипажей ВС

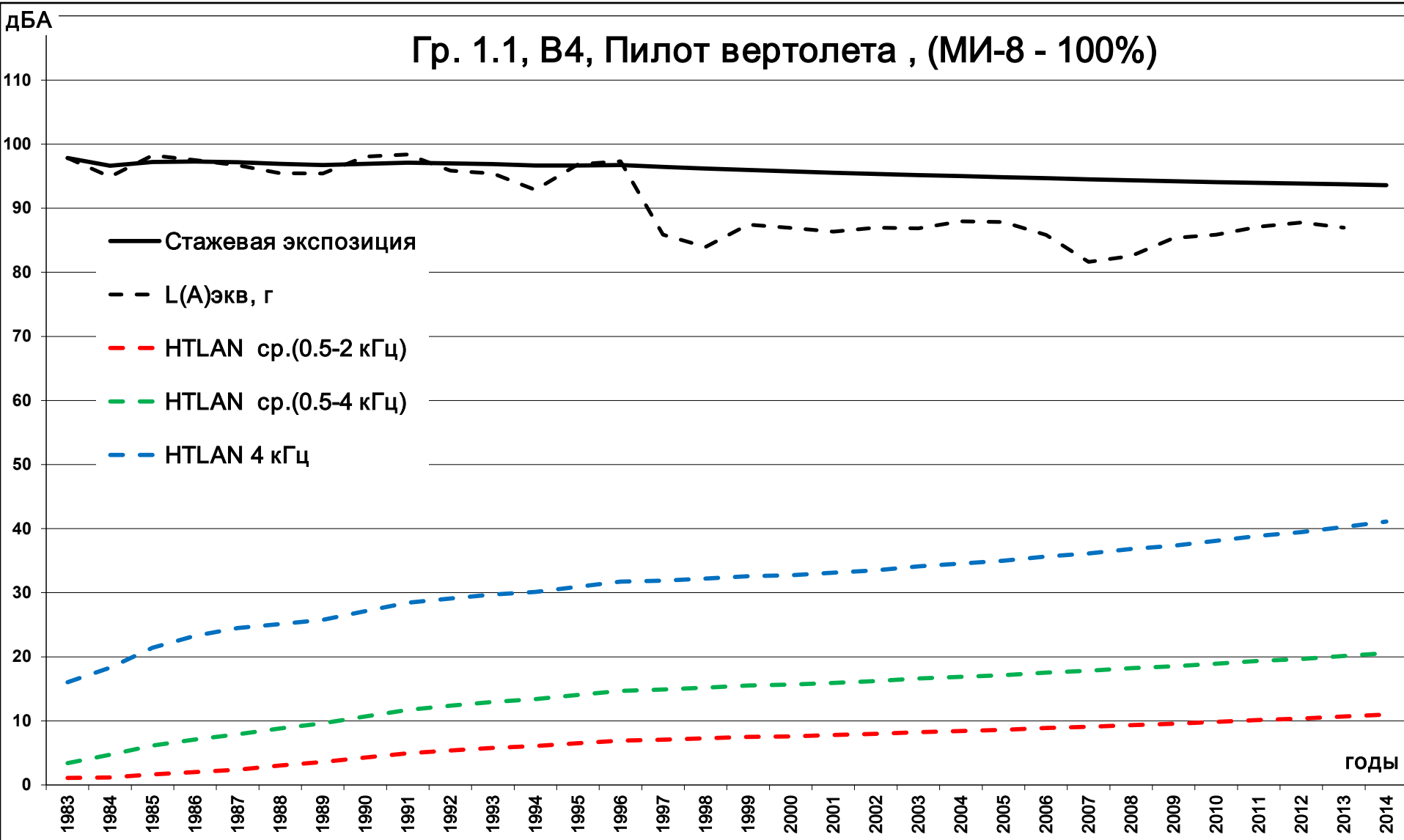
- Прогноз риска и оценка реальных потерь слуха (ПС) в течение летного стажа по аудиограммам проводились для:
  - Аудиометрической частоты 4 кГц по ГОСТ 12.4.062-78
  - Средней величины ПС для частот 0,5 , 1, и 2 кГц по ГОСТ 12.4.062-78
  - Средней величины ПС для частот 0,5 , 1, 2, и 4 кГц по ФКР (2015г.)



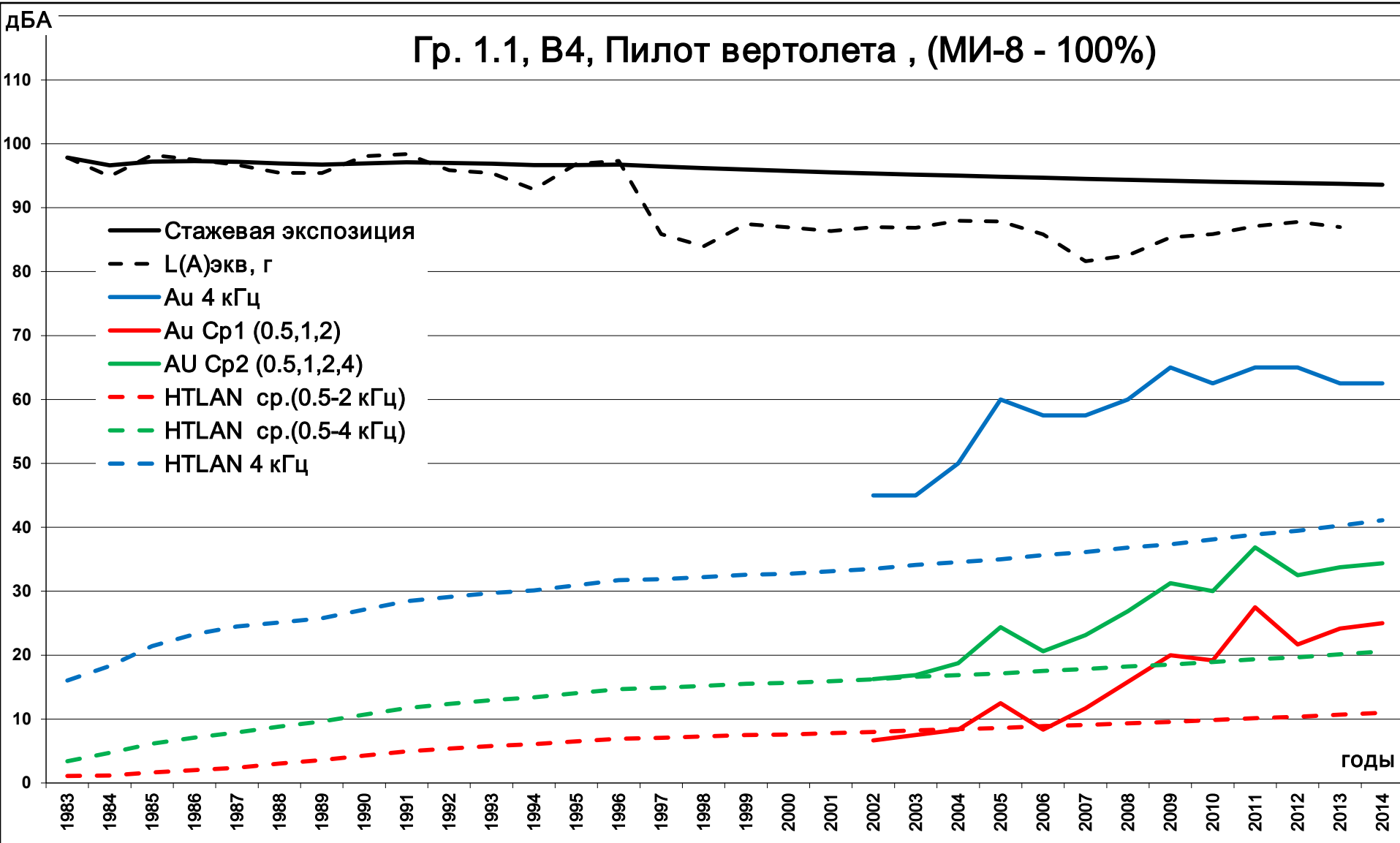
# Годовые эквивалентные уровни звука А и стажевая экспозиция шума , прогноз риска и реальные потери слуха



# Годовые эквивалентные уровни звука А и стажевая экспозиция шума , прогноз риска и реальные потери слуха



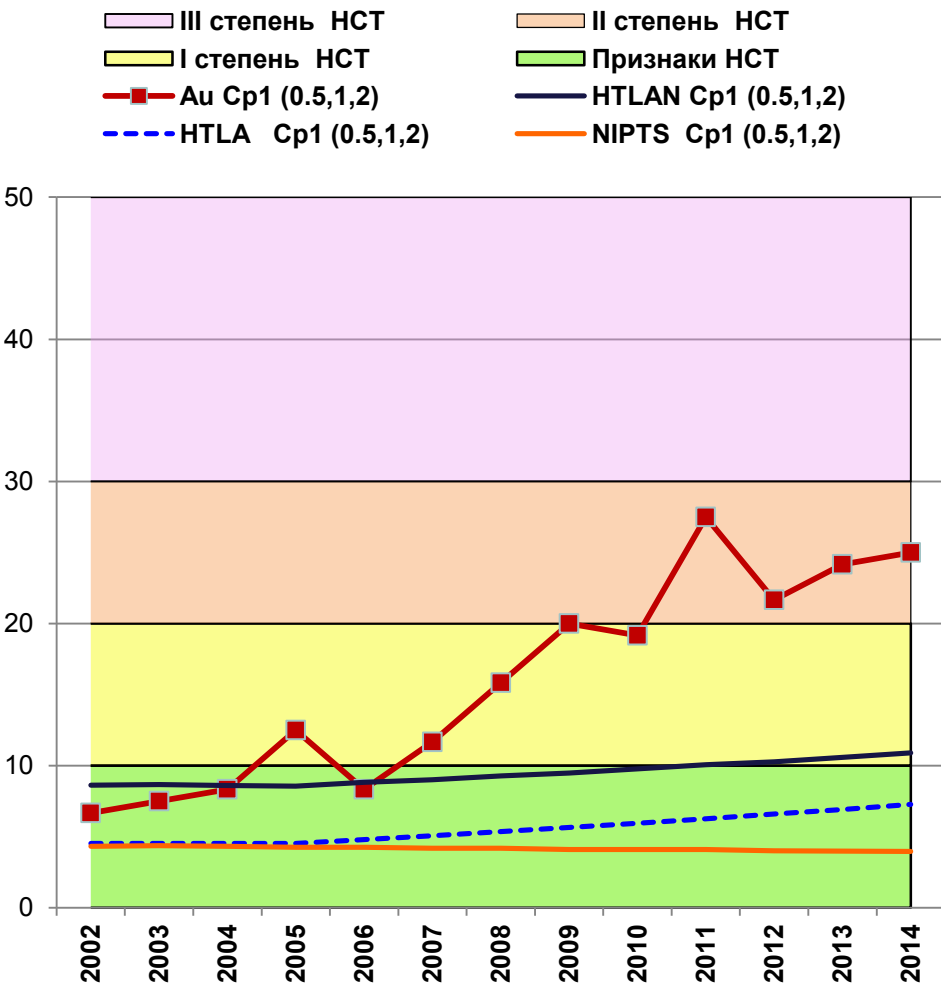
# Годовые эквивалентные уровни звука А и стажевая экспозиция шума , прогноз риска и реальные потери слуха



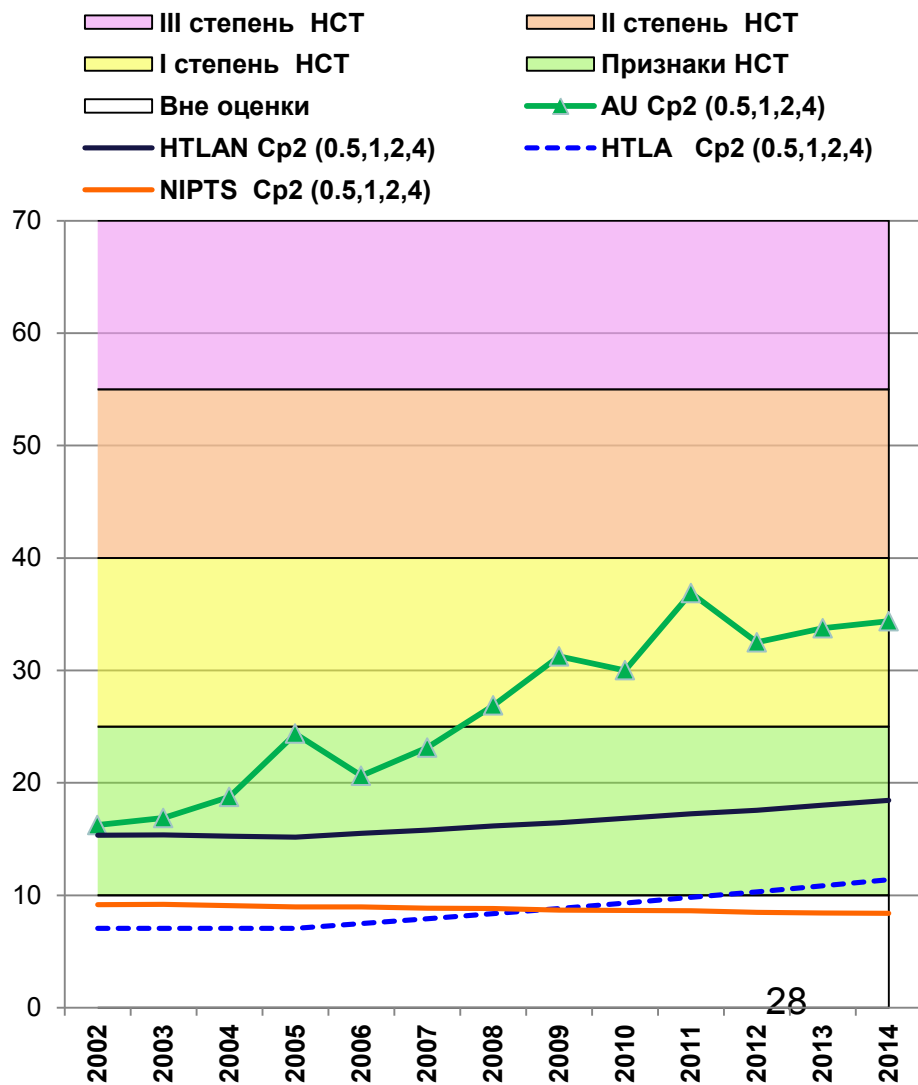
# Оценка прогноза риска и реальных ПС по ГОСТ 12.4.062-78 и ФКР по диагностике ПС (2015г.)

Гр.1.1, В4, пилот вертолета (МИ-8 – 100%),  $L_{EX} = 93,6$  дБ

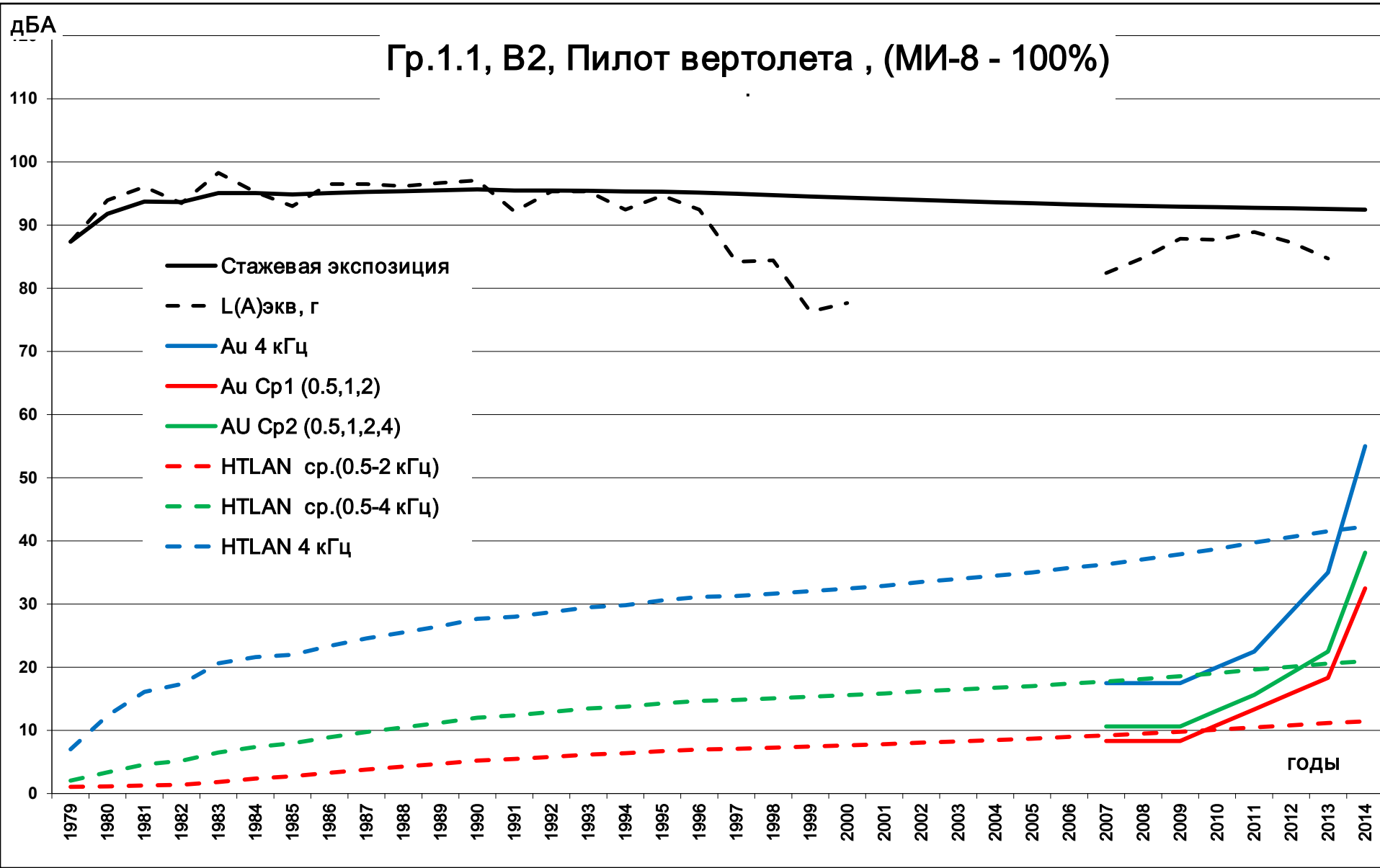
Оценка ПС по ГОСТ 12.4.062-68  
(среднеречевые частоты)



Оценка ПС по ФКР по диагностике ПС 2015г.



# Годовые эквивалентные уровни звука А и стажевая экспозиция шума, прогноз риска и реальные потери слуха

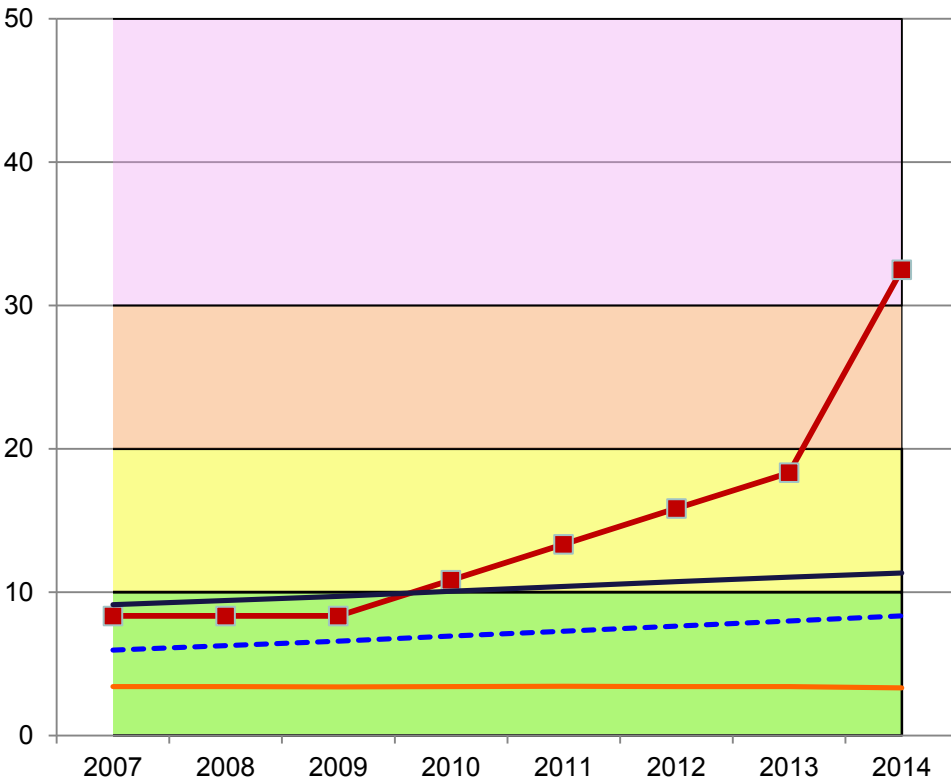


# Оценка прогноза риска и реальных ПС по ГОСТ 12.4.062-78 и ФКР по диагностике ПС (2015г.)

Гр.1.1, В2, пилот вертолета (МИ-8 – 100%),  $L_{EX} = 92,4$  дБ

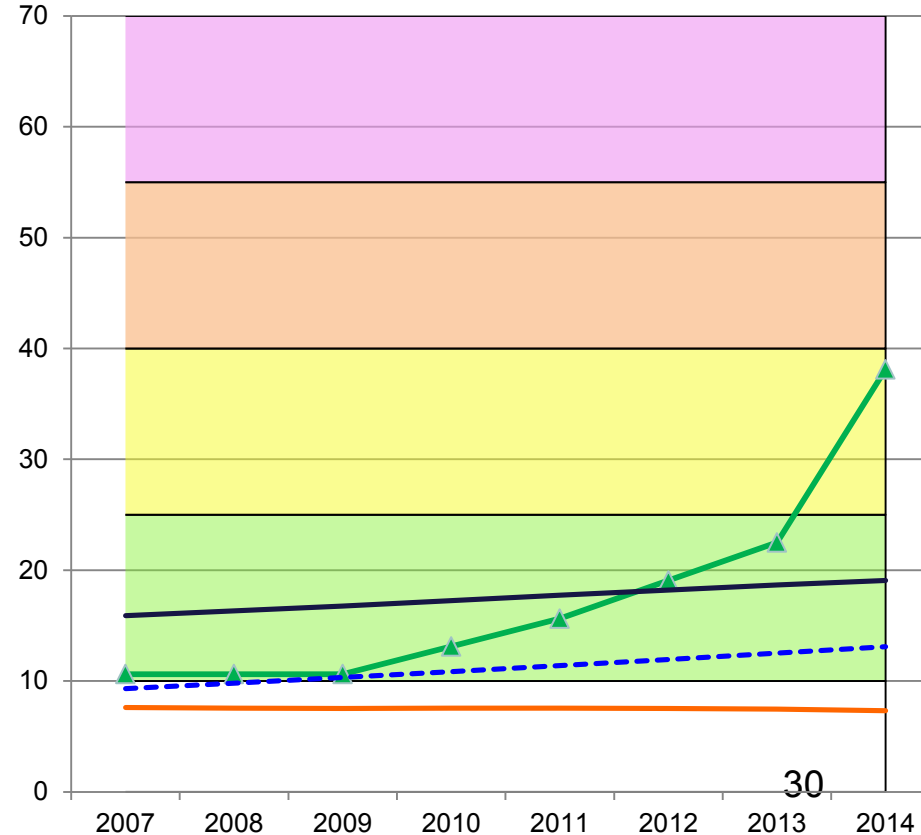
Оценка ПС по ГОСТ 12.4.062-68  
(среднеречевые частоты)

- III степень НСТ
- I степень НСТ
- Au Cp1 (0.5,1,2)
- HTLA Cp1 (0.5,1,2)
- II степень НСТ
- Признаки НСТ
- HTLAN Cp1 (0.5,1,2)
- NIPTS Cp1 (0.5,1,2)

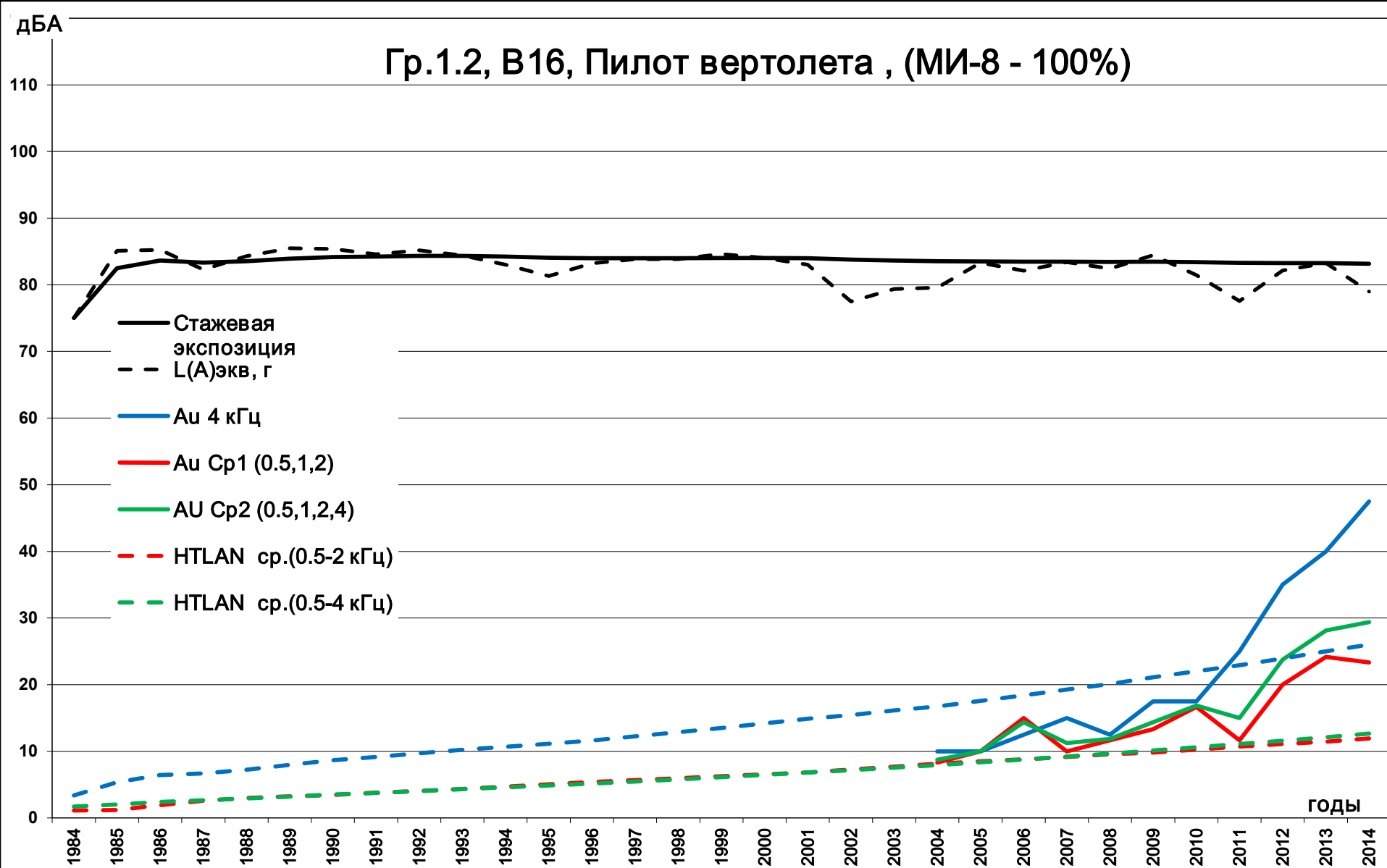


Оценка ПС по ФКР по диагностике 2015г.

- III степень НСТ
- I степень НСТ
- Вне оценки
- HTLAN Cp2 (0.5,1,2,4)
- NIPTS Cp2 (0.5,1,2,4)
- II степень НСТ
- Признаки НСТ
- AU Cp2 (0.5,1,2,4)
- HTLA Cp2 (0.5,1,2,4)



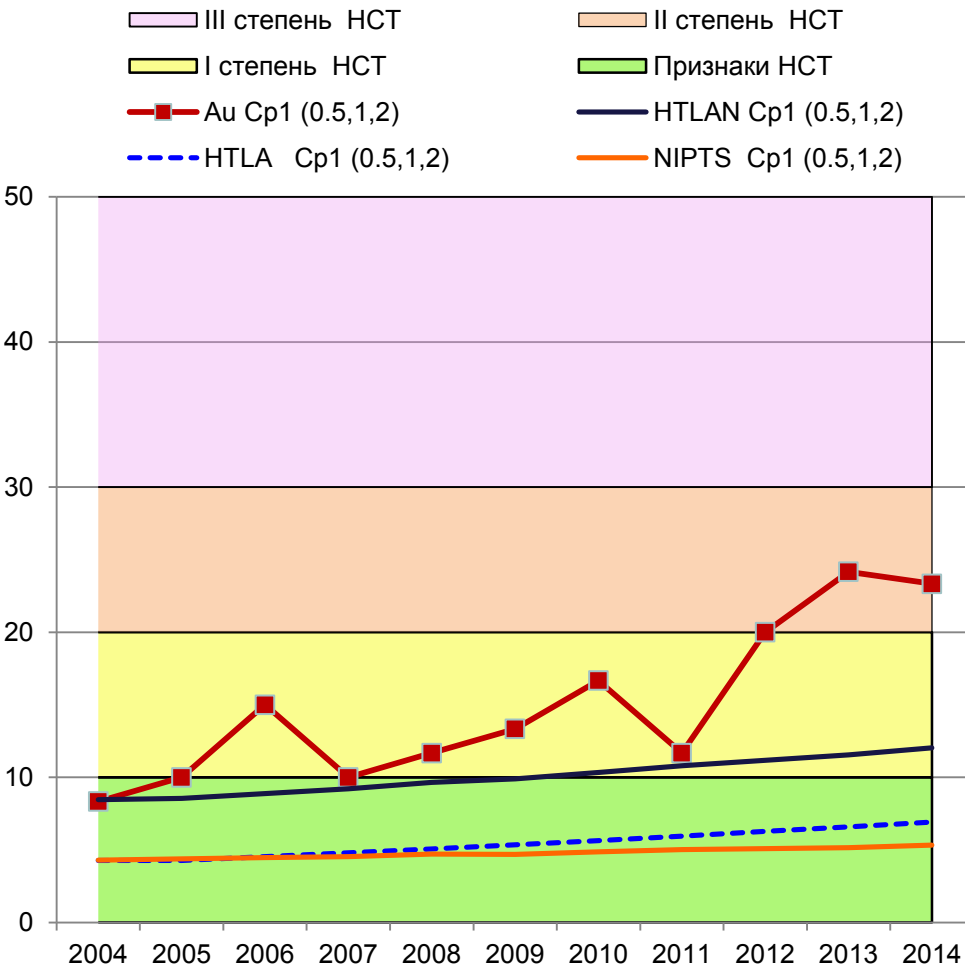
# Годовые эквивалентные уровни звука А и стажевая экспозиция шума , прогноз риска и реальные потери слуха



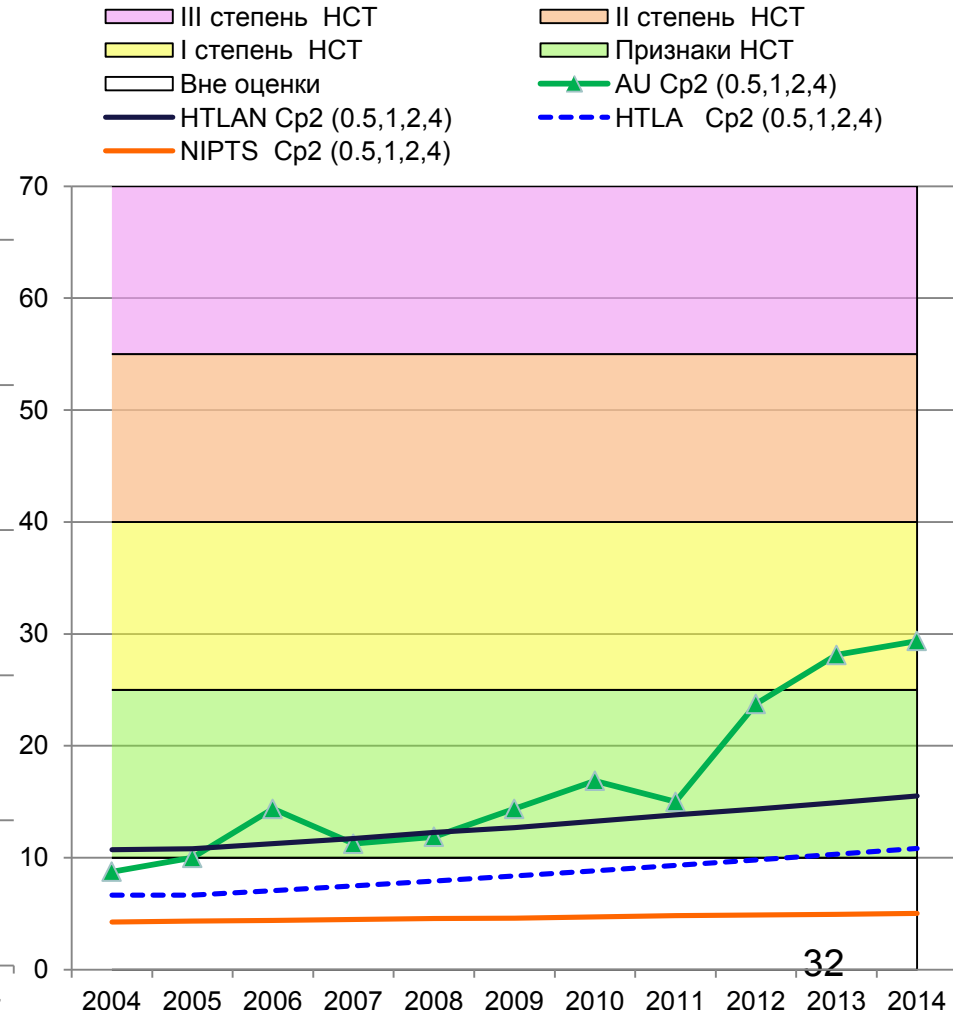
# Оценка прогноза риска и реальных ПС по ГОСТ 12.4.062-78 и ФКР по диагностике ПС (2015г.)

Гр.1.2, В16, пилот вертолета (МИ-8 – 100%),  $L_{EX} = 83,2$  дБ

Оценка ПС по ГОСТ 12.4.062-685  
(среднеречевые частоты)

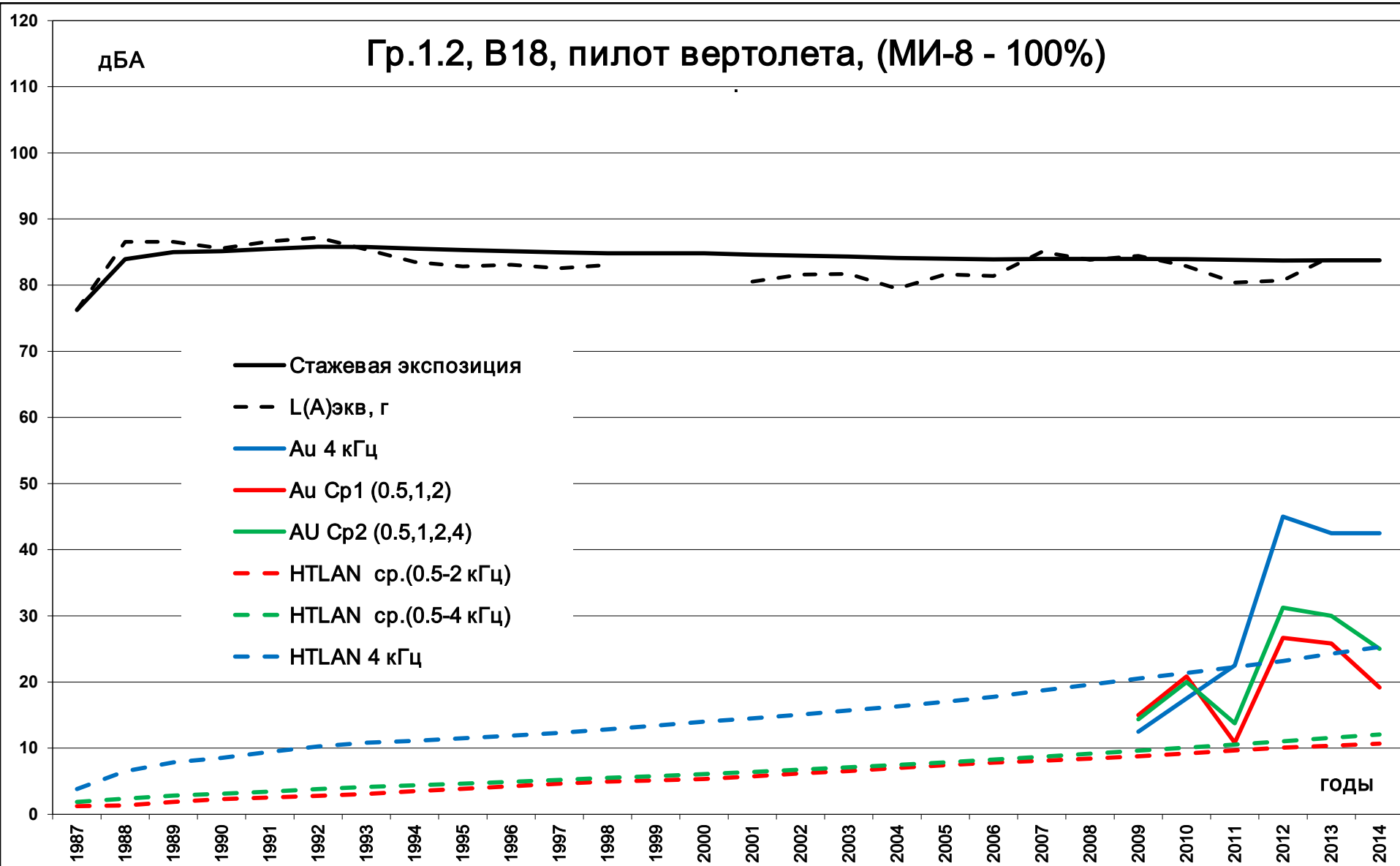


Оценка ПС по ФКР по диагностике 2015г.





# Годовые эквивалентные уровни звука А и стажевая экспозиция шума , прогноз риска и реальные потери слуха

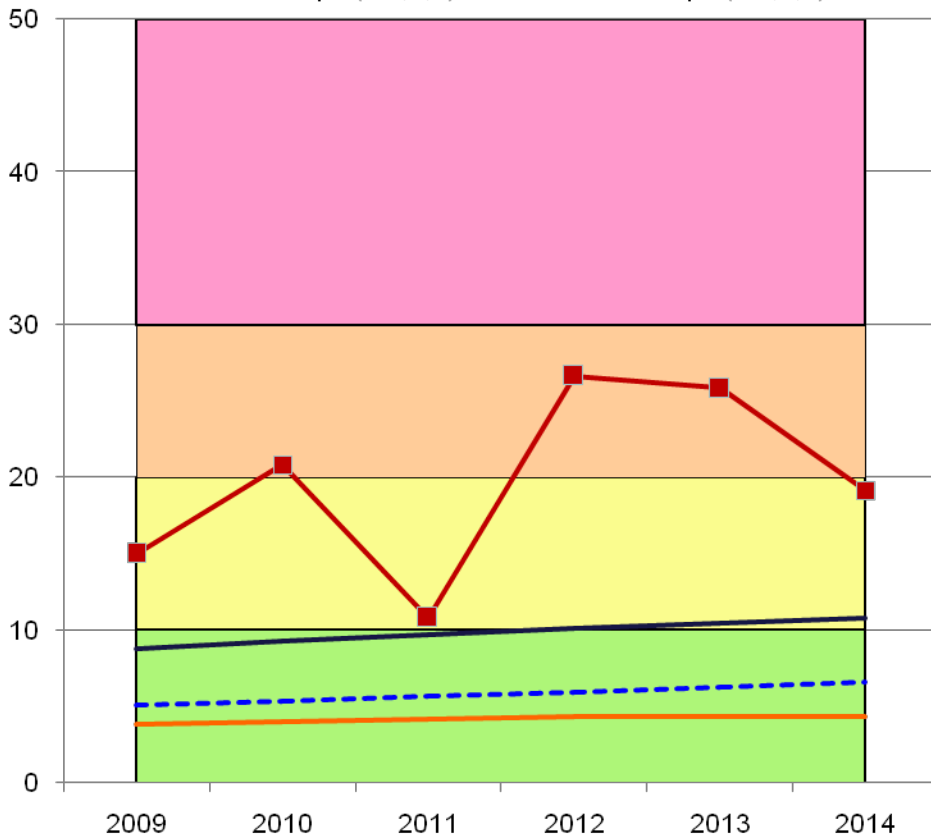


# Оценка прогноза риска и реальных ПС по ГОСТ 12.4.062-78 и ФКР по диагностике ПС (2015г.)

Гр.1.2, В18, пилот вертолета (МИ-8 – 100%),  $L_{EX} = 83,8$  дБ

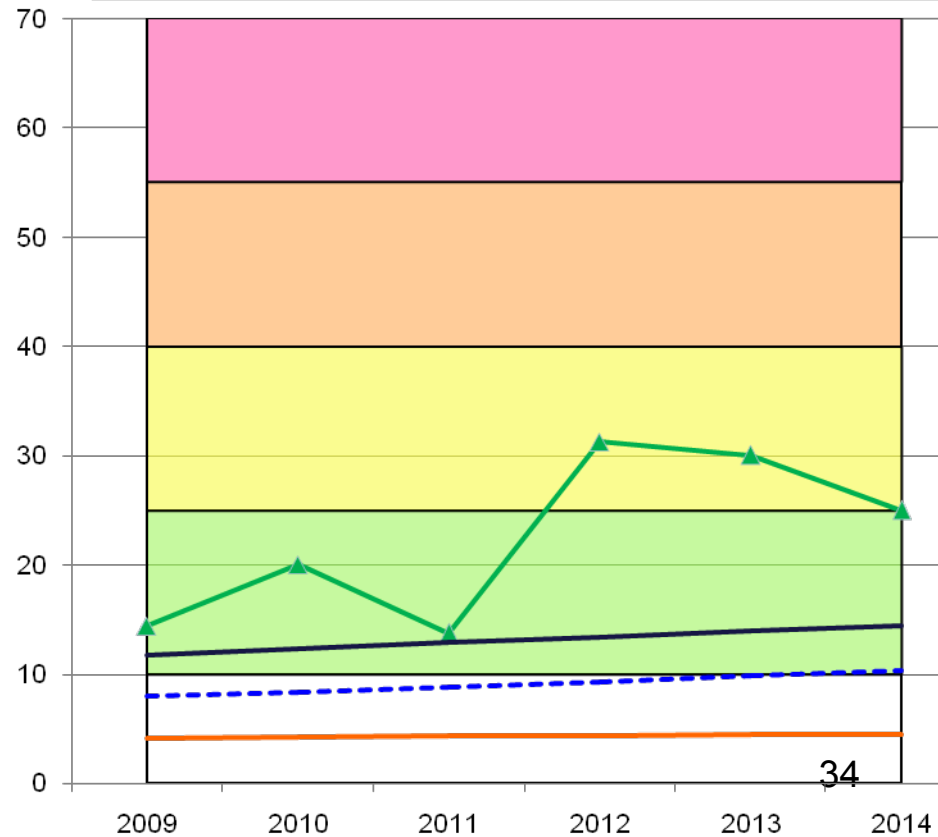
**Оценка ПС по ГОСТ 12.4.062-68  
(среднеречевые частоты)**

- III степень НСТ
- I степень НСТ
- Au Cp1 (0.5,1,2)
- HTLA Cp1 (0.5,1,2)
- II степень НСТ
- Признаки НСТ
- HTLAN Cp1 (0.5,1,2)
- NIPTS Cp1 (0.5,1,2)

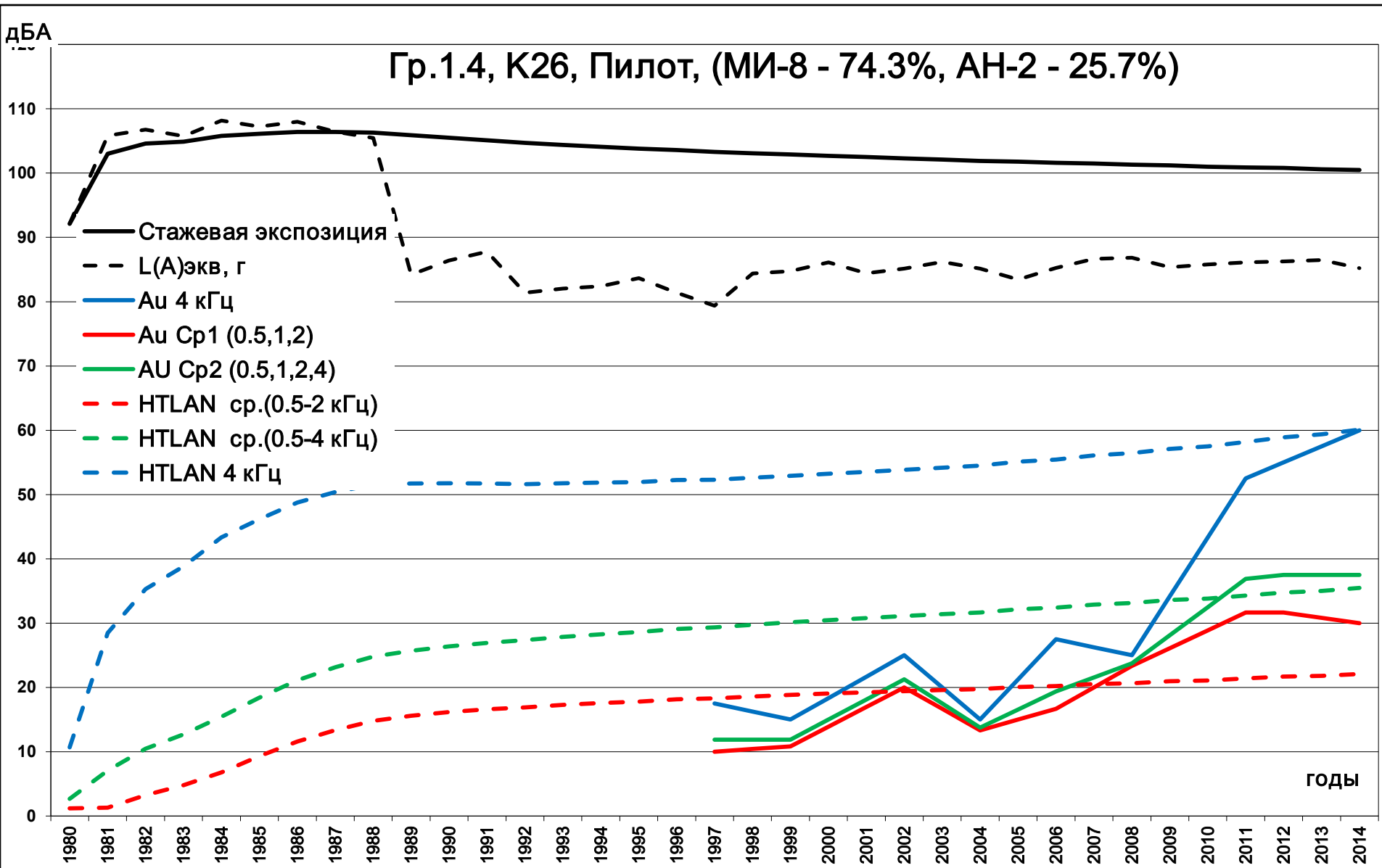


**Оценка ПС по ФКР по диагностике 2015г.**

- III степень НСТ
- I степень НСТ
- Вне оценки
- HTLAN Cp2 (0.5,1,2,4)
- NIPTS Cp2 (0.5,1,2,4)
- II степень НСТ
- Признаки НСТ
- AU Cp2 (0.5,1,2,4)
- HTLA Cp2 (0.5,1,2,4)



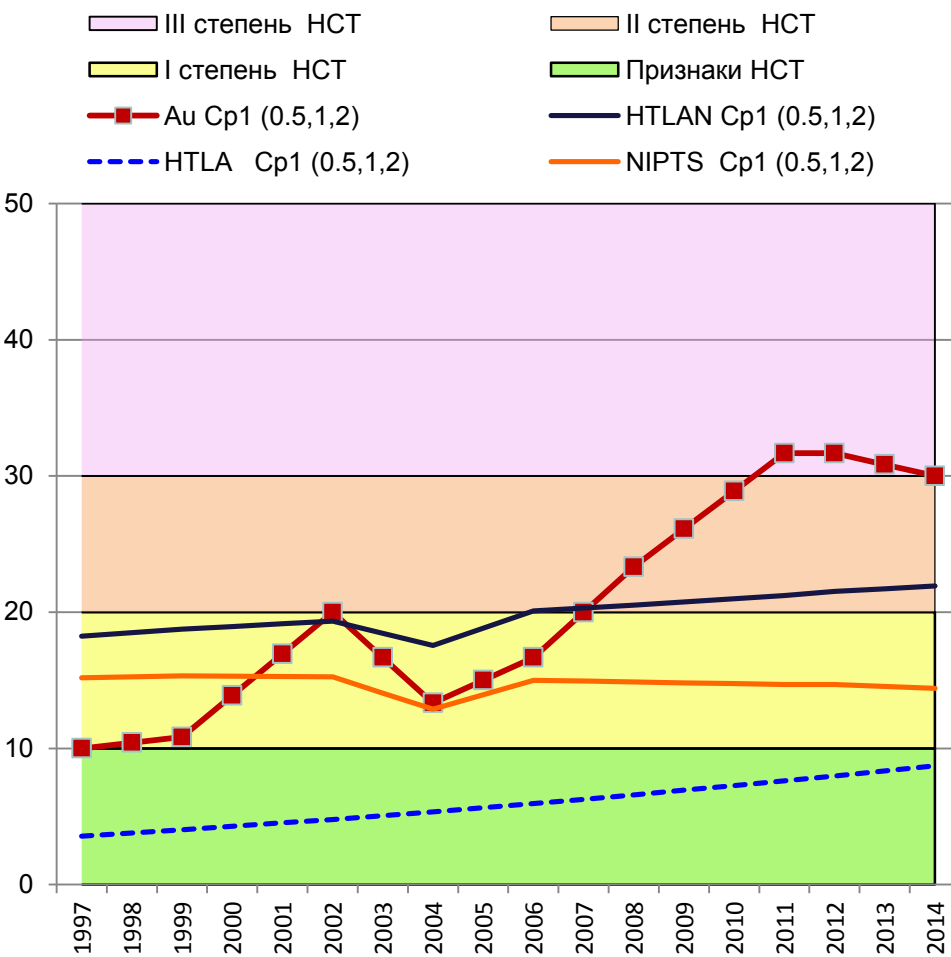
# Годовые эквивалентные уровни звука А и стажевая экспозиция шума , прогноз риска и реальные потери слуха



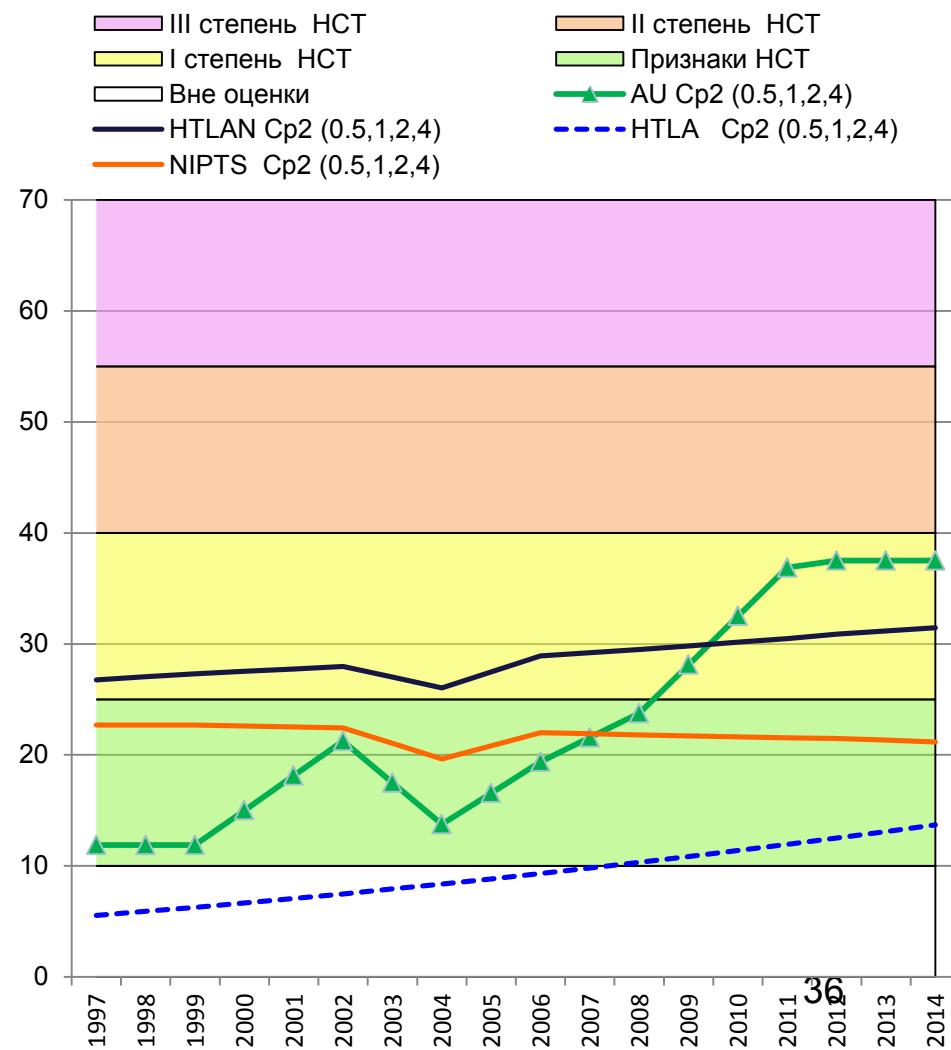
# Оценка прогноза риска и реальных ПС по ГОСТ 12.4.062-78 и ФКР по диагностике ПС (2015г.)

Гр.1.4, К26, пилот (АН-2 – 25,7%, МИ-8 – 74,3%),  $L_{EX} = 99,6$  дБ

**Оценка ПС по ГОСТ 12.4.062-68  
(среднеречевые частоты)**

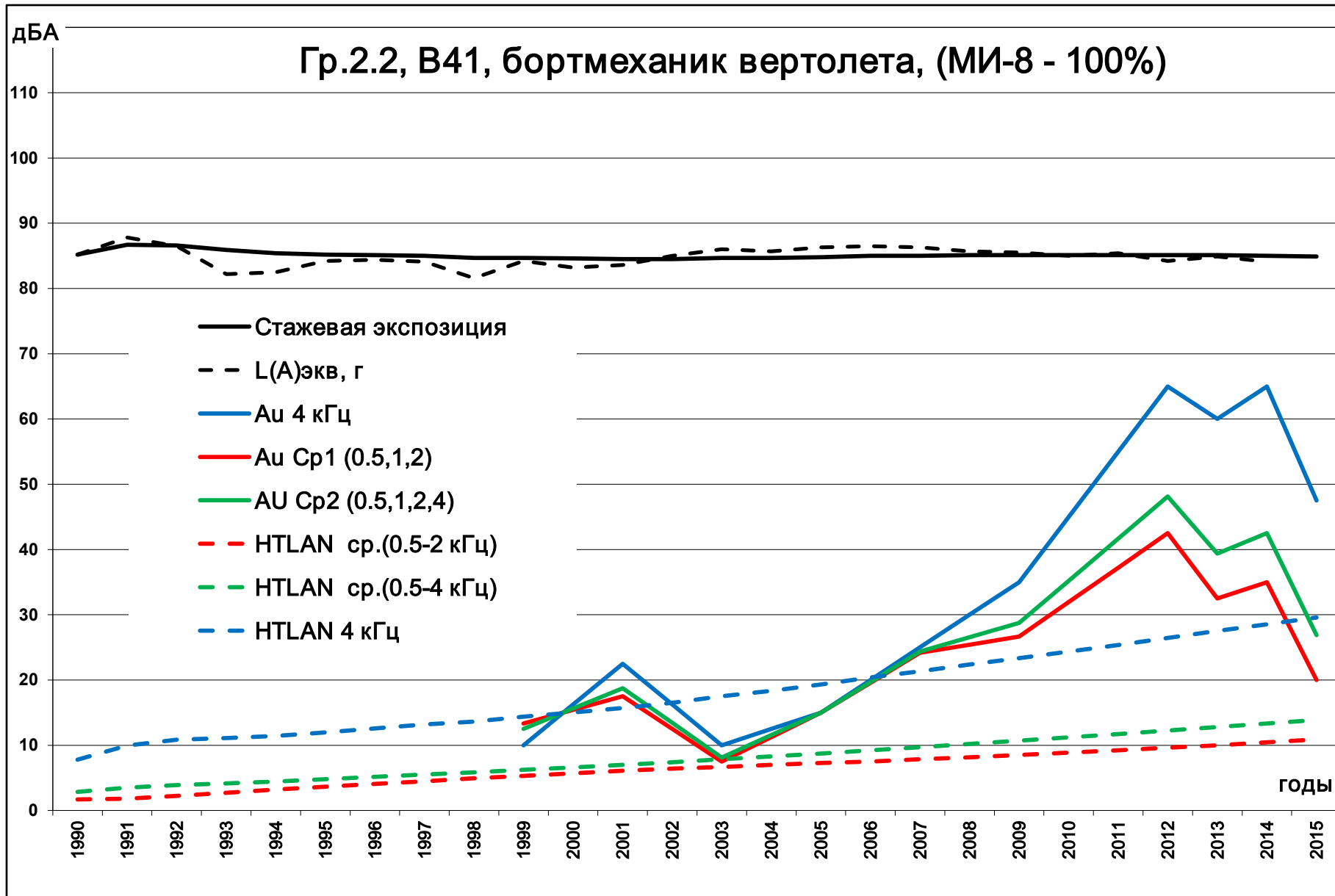


**Оценка ПС по ФКР по диагностике 2015г.**



# Годовые эквивалентные уровни звука А и стажевая экспозиция шума , прогноз риска и реальные потери слуха

Гр.2.2, В41, бортмеханик вертолета, (МИ-8 - 100%)

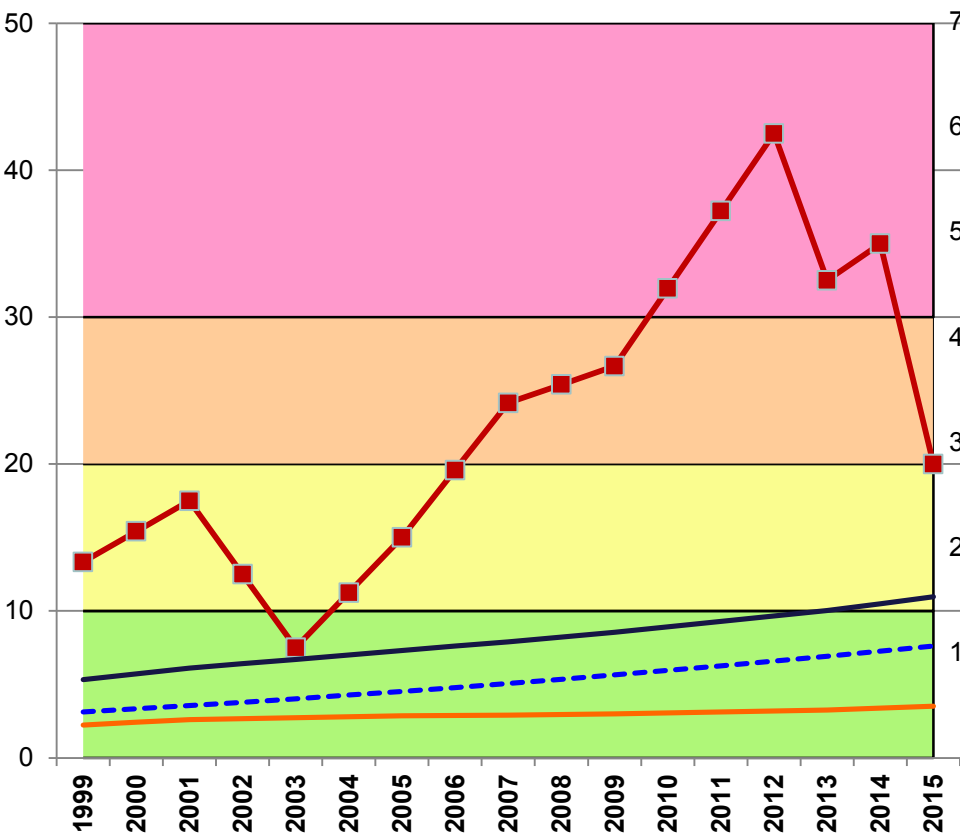


# Оценка прогноза риска и реальных ПС по ГОСТ 12.4.062-78 и ФКР по диагностике ПС (2015г.)

Гр.2.2, В41, бортмеханик вертолета (МИ-8 – 100%),  $L_{EX} = 84,9$  дБ

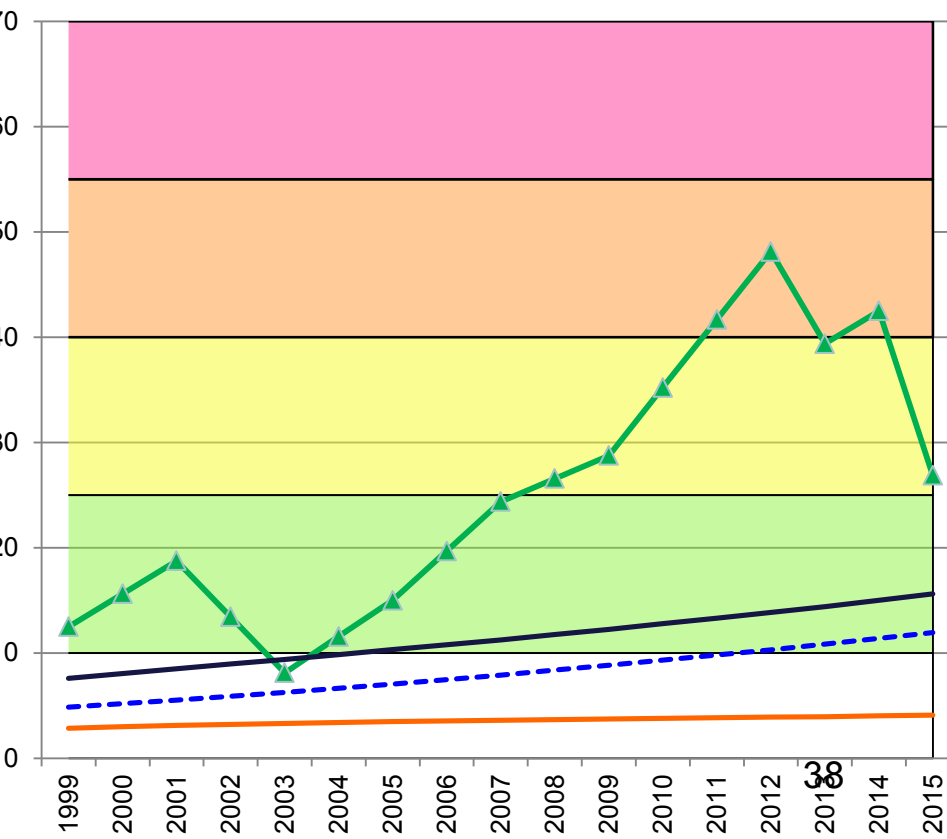
**Оценка ПС по ГОСТ 12.4.062-68  
(среднеречевые частоты)**

- III степень НСТ
- I степень НСТ
- Au Cp1 (0.5,1,2)
- HТLА Cp1 (0.5,1,2)
- II степень НСТ
- Признаки НСТ
- HТLАN Cp1 (0.5,1,2)
- NIPTS Cp1 (0.5,1,2)

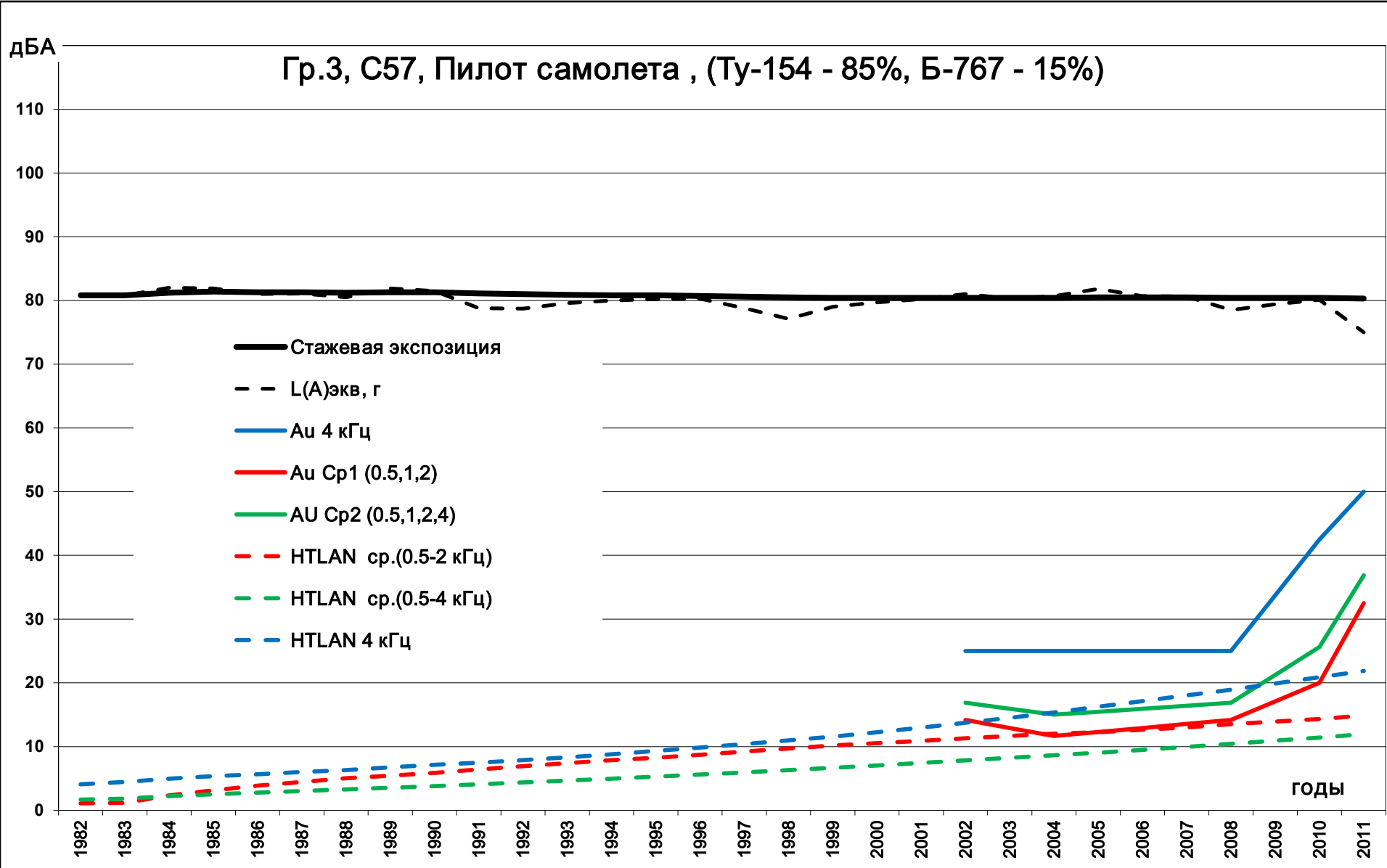


**Оценка ПС по ФКР по диагностике 2015г.**

- III степень НСТ
- I степень НСТ
- Вне оценки
- HТLАN Cp2 (0.5,1,2,4)
- NIPTS Cp2 (0.5,1,2,4)
- II степень НСТ
- Признаки НСТ
- AU Cp2 (0.5,1,2,4)
- HТLА Cp2 (0.5,1,2,4)



# Годовые эквивалентные уровни звука А и стажевая экспозиция шума , прогноз риска и реальные потери слуха

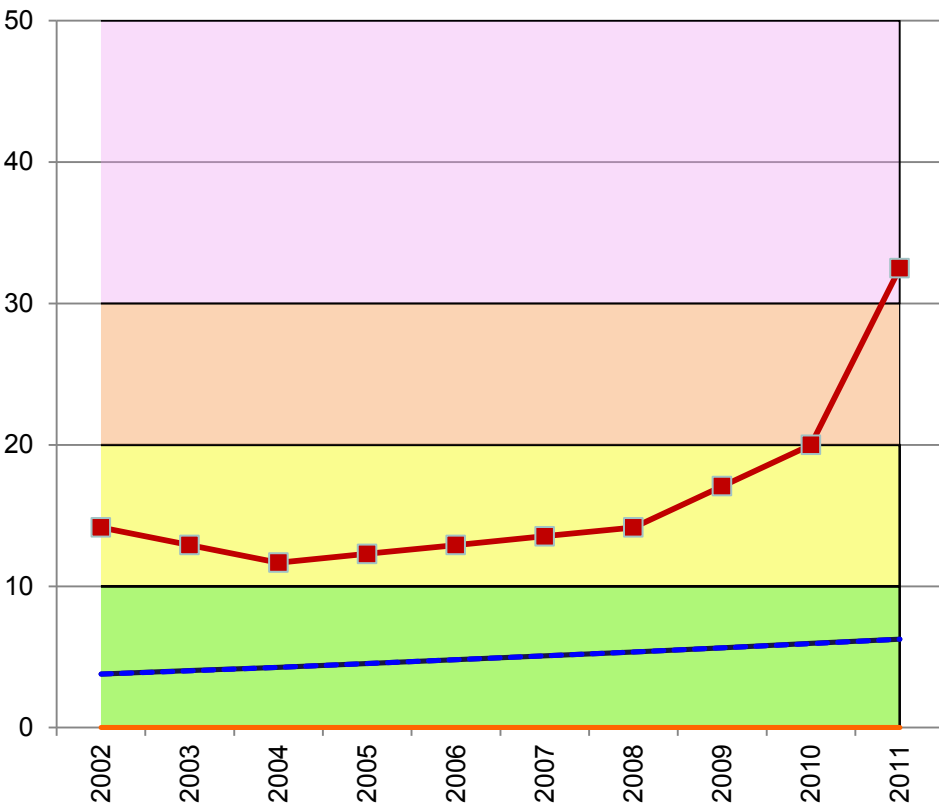


# Оценка прогноза риска и реальных ПС по ГОСТ 12.4.062-78 и ФКР по диагностике ПС (2015г.)

Гр.3, С57, пилот (Ту-154 - 85%, Б-767 - 15%),  $L_{EX} = 80,3$  дБ

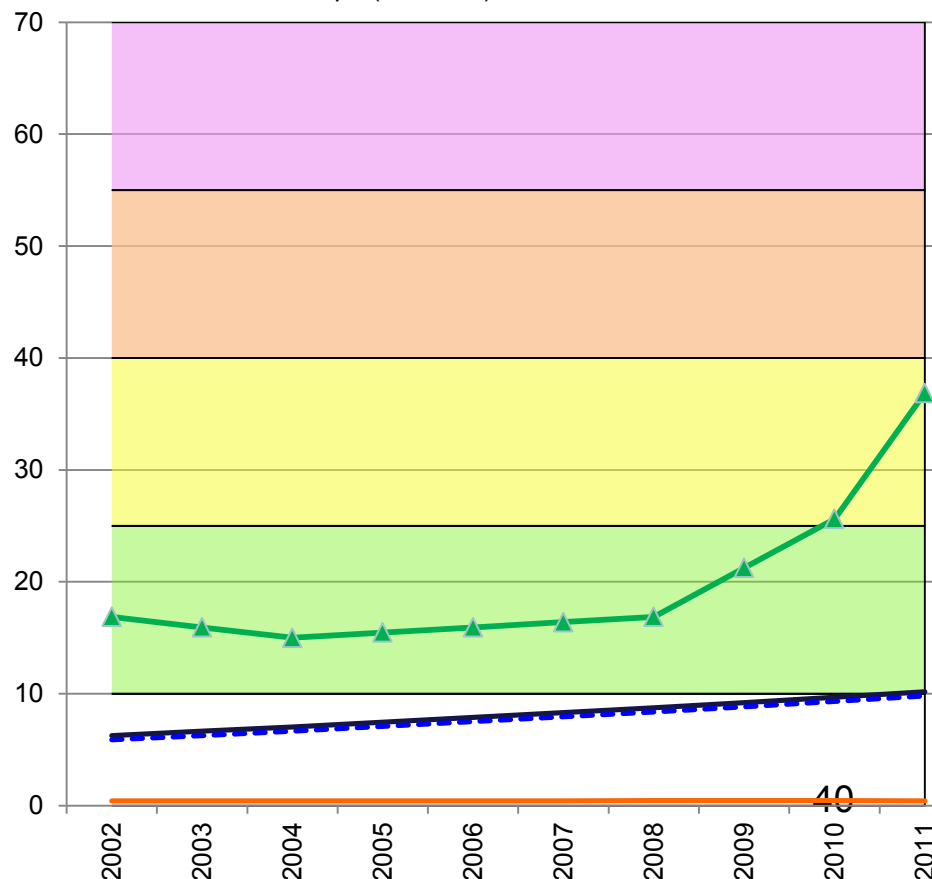
**Оценка ПС по ГОСТ 12.4.062-68  
(среднеречевые частоты)**

- Признаки НСТ
- II степень НСТ
- Au Cp1 (0.5,1,2)
- - - HTLA Cp1 (0.5,1,2)
- I степень НСТ
- III степень НСТ
- HTLAN Cp1 (0.5,1,2)
- NIPTS Cp1 (0.5,1,2)



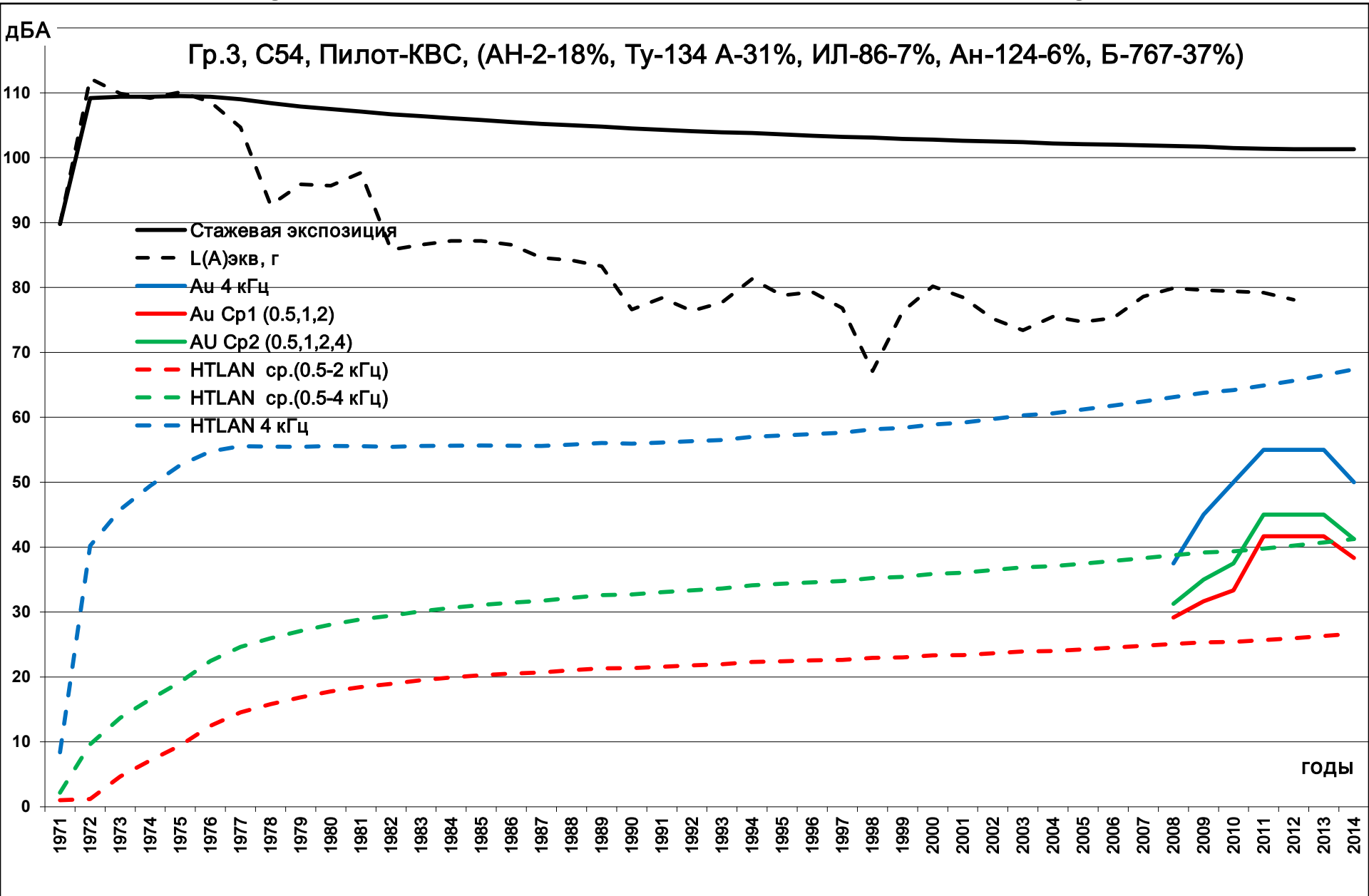
**Оценка ПС по ФКР по диагностике 2015г.**

- III степень НСТ
- I степень НСТ
- Вне оценки
- HTLAN Cp2 (0.5,1,2,4)
- NIPTS Cp2 (0.5,1,2,4)
- II степень НСТ
- Признаки НСТ
- ▲ AU Cp2 (0.5,1,2,4)
- - - HTLA Cp2 (0.5,1,2,4)





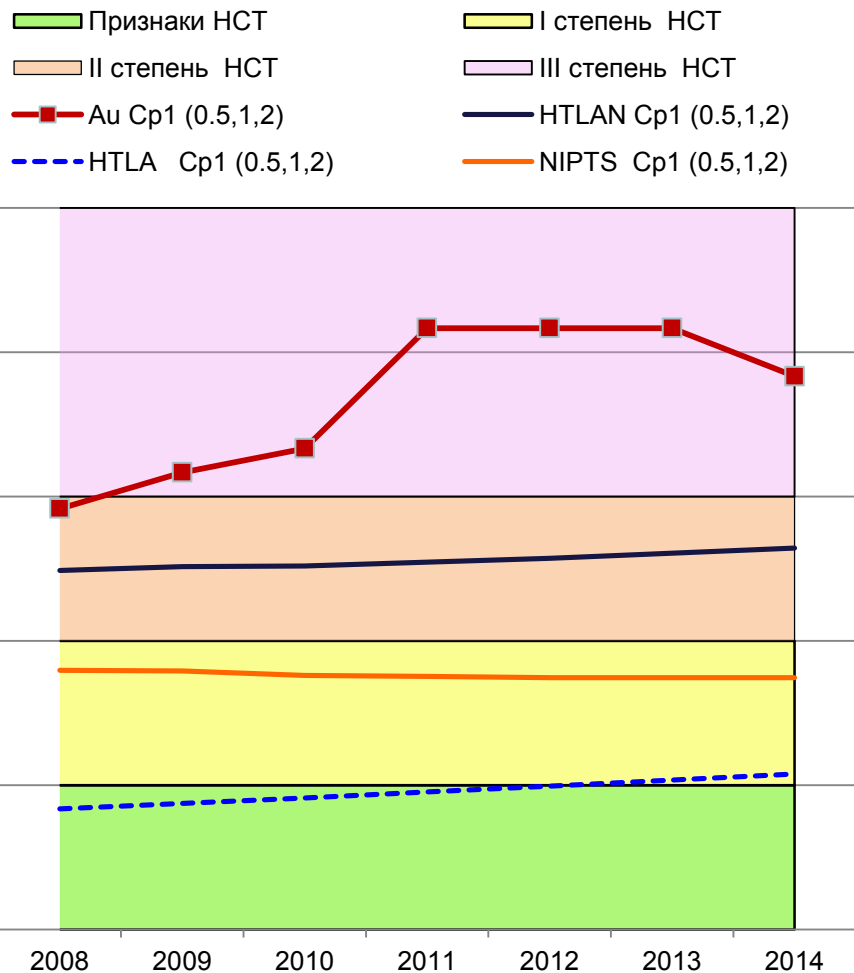
# Годовые эквивалентные уровни звука А и стажевая экспозиция шума , прогноз риска и реальные потери слуха



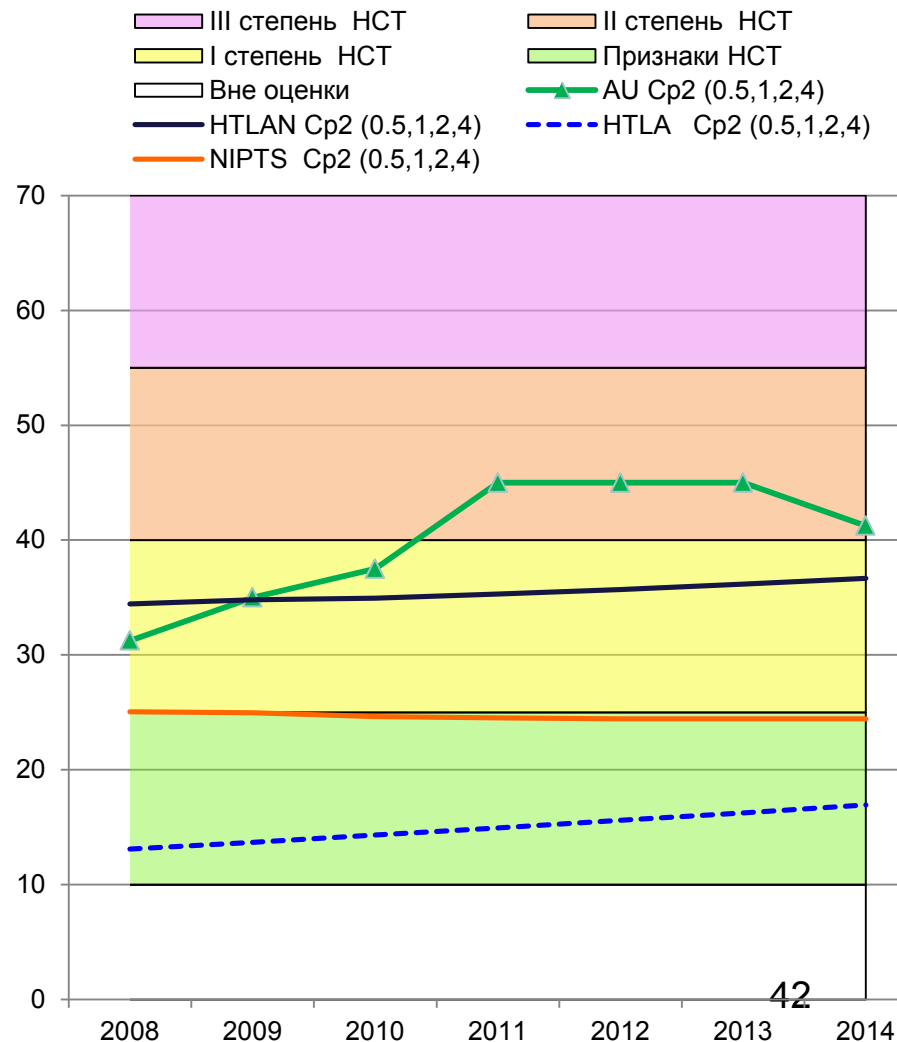
# Оценка прогноза риска и реальных ПС по ГОСТ 12.4.062-78 и ФКР по диагностике ПС (2015г.)

Гр.3, С54, пилот (АН-2-18%, Ту-134 А-31%, ИЛ-86-7%, Ан-124-6%, Б-767-37%),  $L_{EX} = 101,3$  дБ

Оценка ПС по ГОСТ 12.4.062-68  
(среднеречевые частоты)



Оценка ПС по ФКР по диагностике 2015г.



## Выводы

- 1. Разработанная технология позволяет оценить динамику изменений ПС и их прогноза риска ПС по модели ИСО 1999:2013 в течение рабочего стажа в соответствии со стажевой экспозицией шума**
- 2. Результаты аудиологических исследований и прогноз риска ПС по модели ИСО 1999:2013 имеют однонаправленный характер. Величины реальных ПС и их прогноза у членов летных экипажей ВС ГА имеют различие, иногда значительное. Причины этого различия требуют отдельного изучения.**
- 3. Оценка ПС по критериям ГОСТ 12.4.062-78 и ФКР 2015г. показала, что степень СНТ установленная по критериям ФКР как минимум на одну категорию ниже степени СНТ установленной по многолетней практике применения критериев по ГОСТ 12.4.062-78.**
- 4. Необходимо в новой редакции ФКР восстановить действие критериев ПС по ГОСТ 12.4.062-78 с уточнением статуса оценки слуха по величине ПС на частоте 4 кГц.**

# Причины различий реальных ПС и их прогноза

## Ошибки определения уровня шумовой экспозиции

- неполноценное определение шумовой экспозиции (производится только за полетное время и не учитывает возможное дополнительное воздействие шума во внеполетное рабочее время).
- отсутствие экспозиционных данных за периоды нелетной работы или летной работы не в системе ГА.
- недостоверность данных по уровням шума принятых для расчета эквивалентного уровня звука А с учетом дополнительной звуковой нагрузки в результате прослушивания эфира и речевого радиообмена реальным условиям труда.

# Причины различий реальных ПС и их прогноза

## Ошибки определения ПС при аудиологических исследованиях

- несоответствие условий проведения исследований требованиям ГОСТ Р ИСО 8253-1—2012, в частности по уровням фонового шума в аудиометрической кабине
- несоответствие технических характеристик аудиометрической аппаратуры требованиям стандарта МЭК 60645,
- низкая квалификация и недобросовестность медперсонала, проводящего исследования,
- дефицит времени при массовых аудиологических исследованиях, нежелание или отсутствие возможности проведения исследований в автоматическом режиме и регистрации результатов непосредственно в память ПК<sub>45</sub>