Состояние слуховой функции и вегетативные реакции у технического персонала аэродрома при использовании индивидуальных противошумов

К.м.н. С.Д. ЧИСТОВ, проф. С.К. СОЛДАТОВ, проф. В.Н. ЗИНКИН, н.с. Н.М. ПОЛЯКОВ

Научно-исследовательский испытательный центр авиационно-космической медицины и военной эргономики (нач. — д.м.н. И.М. Жданько) 4-го ЦНИИ МО РФ, Москва

The hearing function and vegetative reactions in airport technicians using individual hearing protectors

S.D. CHISTOV, S.K. SOLDATOV, V.N. ZINKIN, N.M. POLYAKOV

Research and Trial Centre of Aerospace Medicine and Military Ergonomics, 4th Research Institute of Russian Ministry of Defense, Moscow

Цель работы — оценка состояния слуха у технического персонала аэродрома и эффективности многокомпонентных противошумов при обслуживании авиационной техники. Проводилась тональная пороговая аудиометрия до и после рабочей смены. Экстрааурального влияние шума оценивалось по показателям вариабельности сердечного ритма. Обследованы 2 группы: в опытной (*n*=16) использовали многокомпонентные противошумы; в контрольной (*n*=8) — шлемофон летный. Исходные пороги слуха были повышены на частотах 4 и 8 кГц максимально до 70 и 60 дБ соответственно. Выявлена регрессионная взаимосвязь между ними и аэродромным стажем. Временные смещения порогов были отмечены только в группе контроля. Отмечено повышение тонуса симпатической нервной системы в контрольной группе и отсутствие изменений в опытной. Показана шумозащитная эффективность перспективных многокомпонентных противошумов. Обсуждаются механизмы развития шумовой НСТ.

Ключевые слова: нейросенсорная тугоухость, шум, авиация, противошумы.

The objective of the present study was to evaluate the hearing function in the airport technical personnel and estimate the effectiveness of multicomponent anti-noise hearing protectors used by the specialists engaged in the aircraft maintenance. The tonal threshold audiometry was carried out before and after a shiftwork. The extra-aural effect of noise was assessed from the characteristics of cardiac rhythm variability. The study included two groups of subjects: in one of them (*n*=8) they used ordinary flight headsets (control) in the other the protection was ensured with the help of multi-insert hearing protectors (*n*=16). The initial hearing thresholds were found to be increased up to 70 and 60 dB at the frequencies of 4 and 8 kHz respectively. The regression analysis revealed the relationship between these parameters and the duration of aerodrome work experience. Temporary threshold shifts were observed only in the control group. An increase in the tone of the sympathetic nervous system was observed in the control subjects but was absent in the study group. It is concluded that the multi-component hearing protectors employed in the present study are highly efficacious anti-noise devices. The mechanisms of noise-induced hearing loss are discussed.

Key words: sensorineural impairment of hearing, noise, aviation, anti-noise hearing protectors.

Профессиональная нейросенсорная тугоухость (НСТ) является важной проблемой в авиации. Снижение слуха по нейросенсорному типу имеет место у 36,7% летного состава гражданской авиации [1], высоки показатели заболеваемости профессиональной тугоухостью [2], при этом удельный вес НСТ в структуре всех профессиональных заболеваний работников гражданской авиации составляет более 80% [3].

Неблагоприятная акустическая обстановка на рабочих местах наземного авиационного персонала [4, 5] также создает реальные предпосылки для возникновения отклонений в состоянии здоровья. Многолетние наблюдения за техническим персоналом (ТП), обслуживающим современные воздушные суда (ВС), показали, что у него высок риск развития НСТ и шумовой профессионально обусловленной патологии [6—8]. Проблема усугубляется отсутствием в государственной авиации табельных средств индивидуальной защиты (СИЗ) от механоакустического фактора. Используемые средства в виде гарнитуры связи (шлемофон летный) неэффективны с точки зрения шумозащиты [9, 10].

В 2010—2012 гг. НПО «Динафорс» (Россия) разработало и изготовило опытные образцы шумозащитного шлема для ТП, состоящего из трех слоев поролона (пенополиуретана) и натурального меха в качестве внутренней выстилки, и наушников. В состав шумозащитного пакета внутри чашки наушников включены материалы, обладающие градиентной пористостью и плотностью: вибродемпфирующий материал с закрытопористой ячеистой структурой, изготовленный экструзионным методом из полипропилена с введением вспенивателя, антипиренов, стабилизирующих, пластифицирующих и других техноло-

© Коллектив авторов, 2013

© Вестник оториноларингол., 2013

e-mail: sd.chistov@gmail.com

***Таблица 1*. Эффективность шумозащитного шлема со встроенными наушниками**

Место определения поглощения шума	Минимальное поглощение шума (дБ) на среднегеометрических частотах октавных полос (Гц)													SNR*, дБ
	2	4	8	16	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	—
Подзаглушечное пространство	2	9	11	5	4	5	8	17	39	46	44	49	47	29
Подшлемное пространство	—	—	—	—	—	1	2	4	5	9	20	29	39	—

Примечание. *SNR (Single Number Rating) — одиночный параметр поглощения шума.

гических добавок; многослойная конструкция, состоящая из алюминиевой фольги и липкого полимерного слоя, защищенного антиадгезионной прокладкой.

По данным объективного метода, шумозащитный шлем показал высокую акустическую эффективность **(табл. 1)**. Цель настоящей работы — оценка состояния слуха и вегетативного статуса у ТП аэродрома при использовании разработанного шумозащитного шлема.

Испытуемые и методы

В обследованную выборку вошли авиационные техники в возрасте 23—38 лет со стажем работы 2,5—15 лет. Обследование проводилось до и после летной смены. Опытная группа (16 человек) использовала противошумы (шумозащитный шлем), контрольная группа (8 человек) для защиты от шума на стоянке ВС использовала шлемофон летный.

Функциональное состояние органа слуха оценивали с помощью тональной пороговой аудиометрии с применением диагностического аудиометра Interacoustics AD-226. Проводили автоматический тест с чистыми тонами в диапазоне 125—8000 Гц.

Экстраакуральное действие шума оценивали по показателям вариабельности сердечного ритма (ВСР), отражающим уровень симпатической и парасимпатической регуляции вегетативных функций [11]. Использовали следующие показатели ВСР: среднее квадратическое отклонение кардиоинтервалов (SDNN) — показатель активности механизмов регуляции, квадратный корень суммы разностей ряда кардиоинтервалов (RMSSD) — показатель активности парасимпатического звена вегетативной регуляции, вариационный размах (MxDMn) — максимальная амплитуда регуляторных влияний, коэффициент вариации кардиоинтервалов (CV) — нормированный показатель суммарного эффекта регуляции, стресс-индекс (SI) — степень напряжения регуляторных систем (степень преобладания центральных механизмов регуляции над автономными).

При статистической обработке данных в описательной статистике применяли среднее арифметическое и стандартное отклонение. Для оценки изменений показателей после смены вычисляли непараметрические критерий Вилкоксона и критерий знаков. Расчеты выполнены с помощью пакета программ StatSoft Statistica 8.0.

Результаты и обсуждение

Данные фонового исследования слуховой функции у ТП показывают, что у ряда техников имеется снижение слуха на частотах 4 и 8 кГц **(рис. 1)**. На остальных частотах,

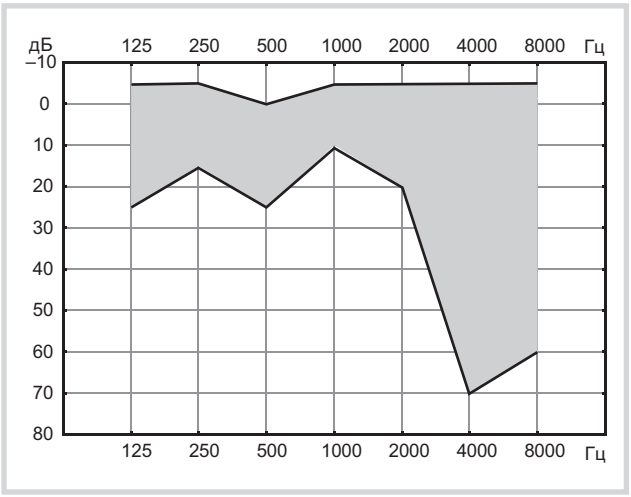


***Рис. 1.* Пороги слухового восприятия по воздушной проводимости у ТП аэродрома. Верхний и нижний графики означают соответственно минимальные и максимальные выявленные пороги (*n*=48, данные по AD и AS). В заштрихованной области находятся все выявленные значения порогов слуха.**

в области низкочастотного и речевого диапазонов, слух у обследованного ТП оценен как нормальный. Некоторое снижение слуха на 25 дБ, не классифицируемое как тугоухость, встречается в ряде случаев на частотах 125 и 500 Гц.

Структура снижения слуха на высоких частотах по выборке представлена на **рис. 2**. У большинства ТП слух на данные частоты не снижен. Значительное повышение порогов наблюдается в 12% случаев на частоте 4000 Гц и в 9% на частоте 8000 Гц. Характер распределения степени тугоухости отличается от нормального, что свидетельствует о влиянии на него внешнего фактора — в данном случае возраста и/или стажа. Для оценки этого влияния был проведен регрессионный анализ величин порогов слуха по частотам в зависимости от возраста, а также профессионального стажа обследуемых.

Результаты регрессионного анализа с бинауральной дифференцировкой представлены на **рис. 3**. На графике изображена совокупность уровней значимости гипотезы (p) об отсутствии регрессионной взаимосвязи между переменными, представленными в легенде. Взаимосвязь считается достоверной при $p<0,05$ (обозначено горизонтальной линией на **рис. 3**). Исследованы взаимосвязи повышения порогов слуха по всему спектру частот на лучше (Л) и хуже (Х) слышащее ухо с возрастом и стажем. Было выявлено, что снижение слуха в обследованной выборке не

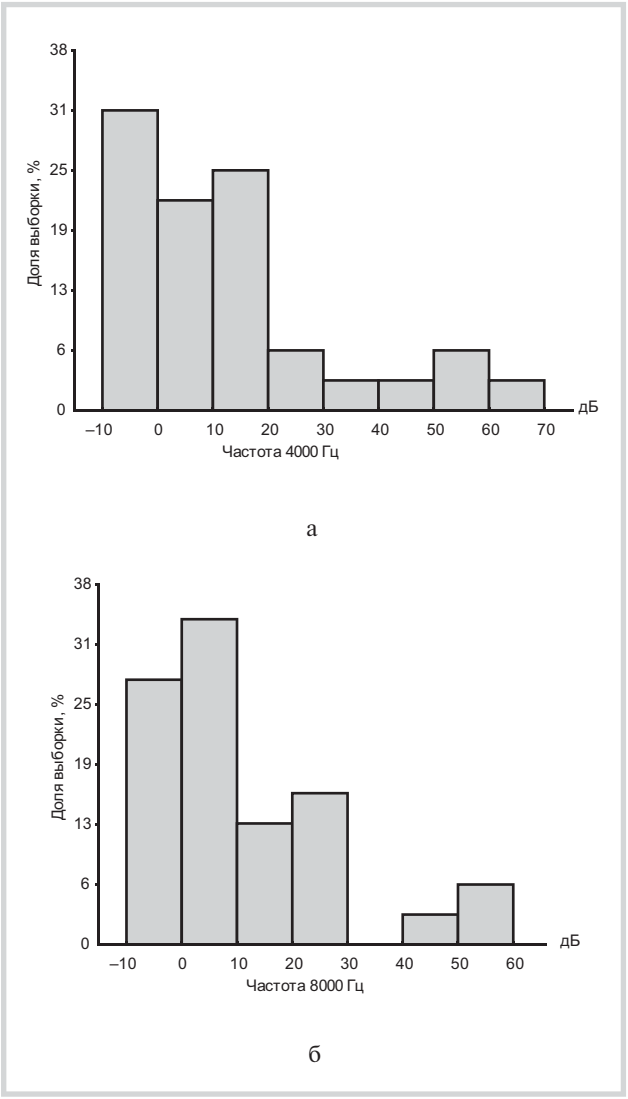


Рис. 2. **Гистограммы распределения порогов слухового восприятия на частотах 4000 Гц (а) и 8000 Гц (б).**

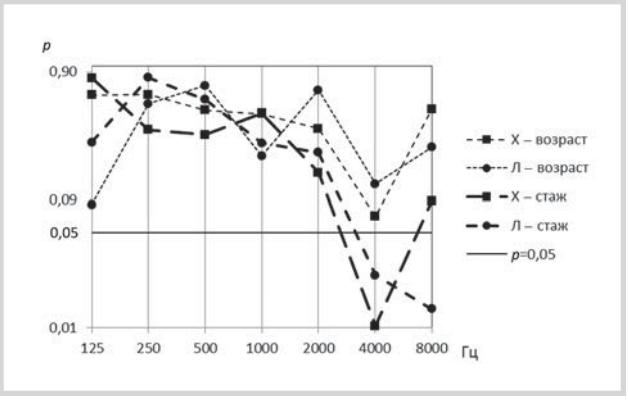


Рис. 3. **Уровни значимости *p* регрессионных взаимосвязей между повышением порога слухового восприятия по частотам и возрастом и стажем работы ТП в условиях авиационного шума.**
Пояснения в тексте.

имеет взаимосвязи с возрастом обследованных. В то же время снижение слуха на оба уха на частоте 4 кГц достоверно взаимосвязано с аэродромным стажем, т.е. с работой в условиях интенсивного шумового воздействия. Аналогичная взаимосвязь отмечается и в отношении снижения слуха на частоте 8 кГц, однако эта связь более слабая и прослеживается лишь на одно ухо **(см. рис. 3)**.

Полученные результаты подтверждают данные предыдущих исследований о том, что слуховая функция у ТП страдает вследствие воздействия авиационного шума на рабочем месте [12]. Характер нейросенсорной тугоухости авиационных техников (повышение порогов восприятия на частоте 4 кГц и в меньшей степени 8 кГц) соответствует профилю снижения слуха при профессиональной тугоухости [13]. Имеется достоверная взаимосвязь между двусторонним снижением слуха на частоте 4 кГц и стажем работы на аэродроме. При этом взаимосвязь с возрастом у обследованных отсутствовала — среди обследованных не было лиц, у которых по возрасту возможен пресбиакузис.

При оценке динамики состояния слуха в ходе летной смены в контрольной группе отмечалось временное смещение порогов слуха на частоте 250 Гц на 5—10 дБ. Возможной причиной этого может быть интенсивный шум на этой или близкой частоте во время подготовки ВС к вылету. На остальных частотах изменений порогов слуха выявлено не было. В опытной группе (с использованием СИЗ) пороги слуха до и после рабочей смены не имели достоверных различий. Следовательно, использование разработанного шумозащитного шлема устраняет неблагоприятное прямое воздействие авиационного шума на орган слуха.

Повышенные пороги слуха на частоте 4 кГц и умеренное временное смещение порогов слуха после смены указывают на то, что в развитии НСТ у рассматриваемой категории специалистов существенную роль играет отсроченный эффект шума. Несмотря на небольшие изменения слуха после смены по сравнению с фоном, с годами работы в условиях авиационного шума у ТП наступают характерные для НСТ изменения слуха.

Патогенез шумовой НСТ включает несколько механизмов ее развития. При воздействии шума нарушается функционирование наружных волосковых клеток [14]. Морфологические исследования на животных показывают, что при воздействии интенсивного широкополосного шума наиболее выраженные изменения наружных волосковых клеток происходят в основном завитке улитки [15]. Дегенеративные изменения вследствие шумового воздействия происходят и в фиброцитах спирального лимба, которые играют важную роль в поддержании ионного гомеостаза в улитке [16]. При воздействии интенсивного шума развивается повреждение микрососудов улитки, приводящее к стазу, изменениям сосудистой проницаемости и локальной ишемии [17].

Имеются данные о сосудистом генезе шумовой НСТ [18]. Ишемия улитки вследствие вазоконстрикции капиллярной сети сосудистой полоски является спорной, так как при шумовом воздействии 110 дБ происходит расширение просвета капилляров сосудистой полоски на 30%, сменяющееся их сужением до 12% [19]. Данные об усилении ототоксического эффекта гентамицина при акустической травме [20] подтверждают наличие вазодилатации в сосудистой полоске. Таким образом, данные о сосудистых

Таблица 2. **Показатели вариабельности сердечного ритма у ТП до и после смены**

Показатель	Опытная группа (n=16)			Контрольная группа (n=8)		
	до смены	после смены	p	до смены	после смены	p
ЧСС, уд/мин	80,2±11,7	84,9±13,6	0,07	79,1±10,8	81,5±15,9	0,72
SDNN, мс	48,5±30,5	44,0±39,2	0,15	60,7±36,7	45,7±42,1	0,03
RMSSD, мс	39,0±34,8	35,6±42,4	0,17	36,5±29,9	37,1±41,9	0,78
MxDMn, мс	195±69	170±75	0,49	220,0±90,1	154,0±59,2	0,02
CV, %	6,1±3,0	5,6±3,5	0,26	7,5±3,2	5,4±3,2	0,01
SI, усл. ед.	228,0±213,8	438,0±513,4	0,12	198,0±209,7	483,0±575,6	0,01

реакциях при шумовом воздействии являются противоречивыми.

Результаты исследования вегетососудистых реакций в ответ на воздействие шума у ТП показали существенный рост тонуса симпатической нервной системы **(табл. 2)**. Вариабельность сердечного ритма до и после смены снижалась в контрольной группе и не изменялась в опытной. Уменьшение SDNN, MxDMn, CV, рост SI при отсутствии изменений RMSSD указывает на существенное повышение активности симпатического звена вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы.

Исходные значения SI превышали верхнюю границу нормы покоя (150 усл. ед.) у 48% обследованных из обеих групп. Это свидетельствует о напряжении регуляторных систем, вызванном хроническим воздействием шума. После рабочей смены SI возрастал в обеих группах, однако только в контрольной группе его увеличение было статистически достоверным.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что у ТП, не использовавшего СИЗ с адекватным шумовой нагрузке уровнем шумоподавления, усиливается симпатическая регуляция вегетативных реакций, которая вызывает вазоконстрикцию. Уменьшение CV после летной смены в контрольной группе показывает усиление тонуса симпатической нервной системы и изменение регуляторных механизмов сердечной деятельности в пользу централизации. Это свидетельствует об активации адаптационного механизма по типу стресс-реакции.

Использование СИЗ с адекватной шумовой нагрузке заглушающей способностью устраняет неблагоприятную в данном случае вегетососудистую реакцию стрессорного ответа. Таким образом, СИЗ от шума снижают ауральное (на рецепторные клетки кортиева органа) и экстраауральное (на вегетативный статус) воздействие шума.

Выводы

1. У технического персонала аэродрома развивается нейросенсорная тугоухость с характерным для профессиональной гипоакузии профилем. Степень снижения слуха имеет достоверную взаимосвязь со стажем работы на аэродроме.

2. Исследование вегетативного статуса персонала показывает, что в ходе рабочей смены у техников достоверно повышается тонус симпатической нервной системы, что приводит к вазоконстрикции. Это подтверждает данные о сосудистом генезе профессиональной НСТ.

3. СИЗ от шума с использованием перспективных технологических решений, основанных на применении материалов с изменяющейся пористостью и плотностью, способствуют снижению неблагоприятного воздействия авиационного шума на технический персонал аэродрома, тем самым устраняя предпосылки для возникновения НСТ у данной категории специалистов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Козин О.В.* Особенности профессиональной тугоухости у лиц летного состава гражданской авиации. Вестн оториноларингол 2005; 5: 16—19.
2. *Панкова В.Б.* Профессиональная тугоухость у работников транспорта. Вестн оториноларингол 2008; 3: 11—14.
3. *Панкова В.Б., Мухамедова Г.Р., Родионов О.Н.* Основные экспертно-диагностические ошибки при рассмотрении связи заболеваний органа слуха с воздействием шума. Вестн оториноларингол 2009; 2: 10—13.
4. *Зинкин В.Н., Солдатов С.К., Кукушкин Ю.А., Афанасьев Р.В., Богомолов А.В., Ахметзянов И.М., Свидовый В.И., Пирожков М.В.* Гигиеническая оценка условий труда работников «шумовых» профессий авиаремонтных заводов. Мед труда и пром экол 2008; 4: 40—42.
5. *Зинкин В.Н., Солдатов С.К., Богомолов А.В., Кукушкин Ю.А., Ахметзянов И.М., Шешегов П.М.* Авиационный шум как фактор эколого-социального неблагополучия. Проблемы безопасн полетов 2010; 10: 3—13.
6. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. М: НИИ мед труда РАМН 2005.
7. *Солдатов С.К., Кукушкин Ю.А., Зинкин В.Н., Богомолов А.В., Кирий С.В., Шешегов П.М., Шишкин О.Ю., Казачков В.В.* Методическое обеспечение оценивания и прогнозирования работоспособности операторов, подвергающихся воздействию авиационного шума. Безопасн жизнедеят 2006; 4: 11—20.

8. *Солдатов С.К., Бухтияров И.В., Зинкин В.Н., Свидовый В.И., Палишкина Е.Е.* Профессионально обусловленная заболеваемость авиационных специалистов. Мед труда и пром экол 2010; 9: 35—40.

9. *Зинкин В.Н., Солдатов С.К., Богомолов А.В., Шведов А.П.* Обоснование использования специалистами средств индивидуальной защиты при воздействиии авиационного шума. Информатика и системы управления 2009; 4: 139—141.

10. *Зинкин В.Н., Солдатов С.К., Богомолов А.В., Кукушкин Ю.А., Ахметзянов И.М., Шешегов П.М.* Риски здоровью, обусловленные кумулятивным действием авиационного шума, и мероприятия по борьбе с ними. Проблемы безопасн и чрезвычайн ситуаций 2011; 1: 80—88.

11. *Баевский Р.М., Кириллов О.И., Клецкин С.З.* Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. М: Наука 1984.

12. *Зинкин В.Н., Солдатов С.К., Шешегов П.М.* Особенности патологического действия авиационного шума на орган слуха инженерно-технического состава авиации. Вестн оториноларингол 2007; 6: 25—29.

13. *Jones C.M.* Occupational hearing loss and vibration induced disorders. Brit Med J 1996; 313: 223—226.

14. *Панкова В.Б.* Профпатология ЛОР-органов: прошлое, настоящее и будущее. Вестн оториноларингол 2006; 5: 39—42.

15. *Park S.N., Back S.A., Park K.H., Seo J.H., Noh H.I., Akil O., Lustig L.R., Yeo S.W.* Comparison of functional and morphologic characteristics of mice models of noise-induced hearing loss. Auris Nasus Larynx 2012; Epub ahead of print.

16. *Cui Y., Sun G.W., Yamashita D., Kanzaki S., Matsunaga T., Fujii M., Kaga K., Ogawa K.* Acoustic overstimulation-induced apoptosis in fibrocytes of the cochlear spiral limbus of mice. Eur Arch Otorhinolaryngol 2011; 268: 7: 973—978.

17. *Quirk W.S., Seidman M.D.* Cochlear vascular changes in response to loud noise. Am J Otol 1995; 16: 3: 322—325.

18. *Куренева Е.Ю.* Показатели высокочастотной аудиометрии у больных с нарушениями голоса и у лиц, подвергшихся действию шума, радиации или имеющих в анамнезе сосудистые заболевания. Вестн оториноларингол 2001; 3: 29—31.

19. *Quirk W.S., Avinash G., Nuttall A.L., Miller J.M.* The influence of loud sound on red blood cell velocity and blood vessel diameter in the cochlea. Hear Res 1992; 63: 1—2: 102—107.

20. *Li H., Wang Q., Steyger P.S.* Acoustic trauma increases cochlear and hair cell uptake of gentamicin. PLoS One 2011; 6: 4: 19130.