

Клинические испытания

Август 2015



Phonak CROS II

Электроакустические измерения показателей двух беспроводных систем CROS

Устройства, основанные на контралатеральном направлении сигнала (CROS) рекомендованы людям с односторонней глухотой. У тех, кто нуждается в дополнительном усилении сигнала, поступающего в лучшее слышащее ухо, используется система BiCROS. В Центре аудиологических исследований Phonak (PARC) было проведено исследование качества звука, очистки звука и общего удобства и простоты использования Phonak CROS II в сравнении с устройством CROS, производимым конкурентом. Техническое измерение уровня собственного шума обеих систем обнаружило более низкие уровни шума Phonak CROS II по сравнению с устройством CROS конкурента. Кроме того, результаты свидетельствуют о потенциально лучшей разборчивости речи на фоне шума при использовании устройства Phonak благодаря более совершенному шумоподавлению и автоматической активации настроек, способствующих оптимальному функционированию.

Введение

Устройства, реализующие контралатеральное направление сигнала (CROS), являются общепризнанным эффективным средством вмешательства у людей с односторонней глухотой (Руи и соавт., 2013; Schafer и соавт., 2013; Williams и соавт., 2012; Hol и соавт., 2010). Несмотря на достижения в данной области, многие пользователи по-прежнему испытывают проблемы и жалуются на общую неудовлетворенность устройствами (Cashman и соавт., 1984; Ericson и соавт., 1988; Hayes и соавт., 2005). Ранее уже сообщалось о неудовлетворенности устройствами (Bi)CROS, в частности, связанной с их внешним видом, и затруднениях в условиях фонового шума (Williams и соавт., 2012). У людей с односторонней тугоухостью (UHL) утрачены бинауральные функции, в том числе бинауральная суммация и бинауральное шумоподавление. Поэтому особое значение приобретают хорошая слышимость и шумоподавление. Потребности пользователей CROS не ограничиваются пониманием речи на фоне шума. Благодаря достаточной остроте слуха в "лучшем" ухе они могут быть чувствительны к таким аспектам качества звука, как помехи и высокий уровень собственного шума используемых устройств. Настоящее исследование было предпринято с целью оценки вышеперечисленных аспектов функционирования современных устройств (Bi)CROS.

В данной работе производили сравнение нового устройства Phonak CROS II и устройства CROS, выпускаемого конкурентом. Оценивались технические параметры (уровень собственного шума, функционирование направленных микрофонов) и общая простота использования.

Методика

В исследовании, проводившемся в Центре аудиологических исследований Phonak (PARC), использовалось несколько средств измерения. Первым было средство анализа отношения сигнал-шум (ОСШ), основанное на Matlab. Для этого устройства (Bi)CROS надевали на манекен KEMAR с пониженным содержанием металла. Благодаря низкому содержанию металла в данном манекене удастся избежать помех или сбоев

передачи беспроводного сигнала из передатчика CROS в приемник. В данном исследовании речевой и шумовой сигналы подавались одновременно через динамики и регистрировались манекеном KEMAR (посредством встроенных имитаторов уха). На основании анализа этих записей вычисляли эффективное выходное ОСШ и сравнивали его с известным ОСШ входных сигналов. Это позволяет объективно измерить прирост ОСШ в реалистичных условиях речи на фоне шума (Hagerman, Olofsson, Nästén, 2002). Поэтому, чем выше расположена точка на графике выхода, тем больше прирост ОСШ и выше ожидаемая эффективность. Для записей уровней шума и стимулов посредством KEMAR использовалась система Adobe Audition (Adobe Systems Incorporated, 2007). Эти записи могут быть впоследствии визуализированы в спектральной области для оценки уровней шума на разных частотах.

Во всех измерениях, проводившихся в тестовой камере, использовалась система верификации Verifit II. Применялись куплеры объемом 2 см³ и усредненные значения RECD (разность между реальным ухом и куплером) взрослого человека. В связи с бинауральностью передачи сигнала в системах CROS передатчик и приемник подключались к бинауральному куплеру Verifit II. Все характеристики измерялись на стороне расположения принимающего слухового аппарата системы CROS. Чтобы исключить из анализа звуки, поступающие на микрофоны принимающего аппарата и ограничиться сигналом, посылаемым передатчиком, в процессе измерений в тестовую камеру помещали только передатчик. Характеристику переданного сигнала измеряли на приемнике, подключенном к Verifit II, но находившемся вне тестовой камеры.

В работе использовали заушный слуховой аппарат (BTE) Phonak Venture Volero и передатчик Phonak CROS II BTE. Систему Phonak сравнивали с заушным слуховым аппаратом и передатчиком CROS конкурента. Устройства присоединяли к ушам манекена KEMAR посредством стандартных заушных адаптеров KEMAR.

Результаты

Внутренний и внешний шум

Исследования, выполненные Nabelek (1991), свидетельствуют, что наличие фонового шума и его индивидуальная переносимость играют огромную роль в успешном использовании слуховых аппаратов: чем лучше переносится шум, тем длительнее время ношения аппаратов (Nabelek и соавт., 1991). В 2006 г. Nabelek и соавт. обнаружили, что приемлемый уровень шума (ANL) представляет собой еще более точный прогностический фактор успешности использования слуховых аппаратов, чем разборчивость речи на фоне шума. Кроме того, было установлено, что значительная часть популяции более чувствительна к шуму и склонна к отказу от слуховых аппаратов, если уровни шума заметно превышают пороги слышимости. Было обнаружено, что у 64% обследованных (всего 191), нерегулярно пользовавшихся слуховыми аппаратами или вообще не пользовавшихся ими, ANL ниже, чем у регулярных пользователей слуховых аппаратов. Кроме того, Agnew (1997) обнаружил, что внутренний шум слуховых аппаратов становился препятствием к их использованию, если он превышал порог слышимости на 4 дБ. Эти данные подтверждают, что внешний и внутренний шум может играть критическую роль в комфортности и успешности использования устройств Vi(CROS).

Уровень собственного шума

На рис. 1 и 2 показаны уровни собственного шума на разных частотах систем CROS и ViCROS Phonak (зеленая линия) и конкурента (красная линия). В обеих конфигурациях уровень собственного шума системы Phonak CROS II был существенно ниже. Уровень собственного шума системы играет важную роль для пользователя. У кандидатов на использование CROS, пороги слышимости которых часто ниже 20 дБ ПС в "хорошем" ухе, уровни шума от 20 до 35 дБ УЗД, наблюдаемые в устройстве конкурента (рис. 1), будут слышны и могут препятствовать слышимости тихих звуков. Результаты настоящего исследования указывают, что пользователи CROS не будут слышать уровень собственного шума устройства Phonak CROS II. В случае ViCROS уровень собственного шума Phonak CROS II был на 10-35 дБ ниже по сравнению с устройством конкурента. С учетом референтного значения 60 дБ ПС (синяя линия) можно предположить,

что люди с малой, умеренной и нисходящей тугоухостью будут слышать собственный шум устройства конкурента. Эти данные дополняют стандартные показатели эквивалентного уровня входного шума (EIN), приводимые в технических характеристиках слуховых аппаратов, и позволяют более реалистично судить о внутреннем шуме.

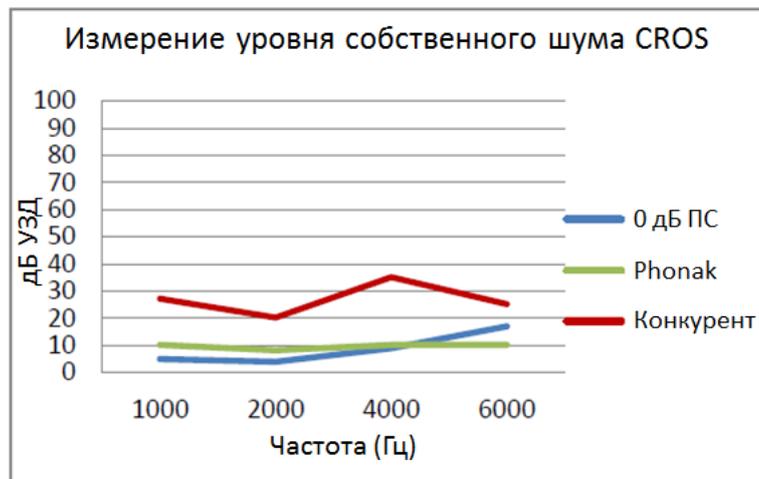


Рис. 1: Частотный спектр уровней собственного шума систем CROS конкурента (красная линия) и Phonak CROS II (зеленая линия). Для оценки слышимости собственного шума системы приведены референтные нормальные пороги слышимости (0 дБ ПС) (синяя линия).

*в связи с ограничениями измерительной системы значения уровня собственного шума Phonak CROS II на частотах 1000 и 2000 Гц могут быть ниже, чем указано на графике

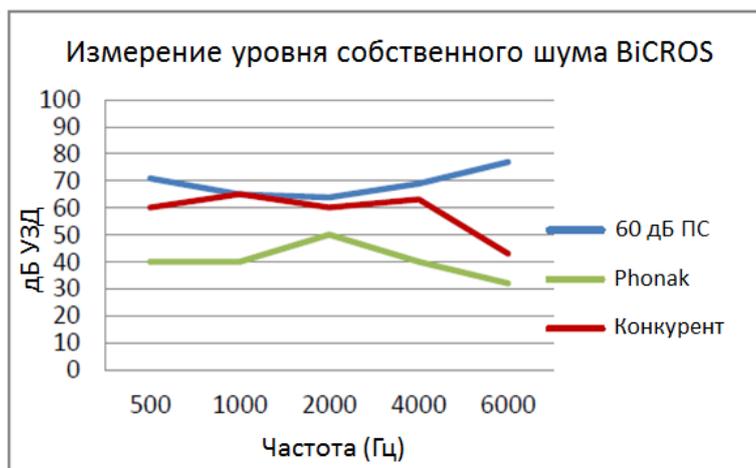


Рис. 2: Частотный спектр уровней собственного шума систем ViCROS конкурента (красная линия) и Phonak CROS II (зеленая линия), запрограммированных на потерю слуха 60 дБ ПС в лучше слышащем ухе. Для оценки слышимости собственного шума системы приведены референтные пороги слышимости (60 дБ ПС) (синяя линия).

Важно также учесть влияние уровня собственного шума на способность воспринимать тихую речевую информацию. На рис. 3 представлены частотные спектры речевого семпла уровнем 40 дБ УЗД (синяя линия) и собственного шума устройства конкурента (красная линия). Взаимное наложение этих двух кривых указывает на потенциальное отрицательное воздействие собственного шума на слышимость тихой речи. На рис. 4 представлены такие же частотные спектры речевого семпла уровнем 40 дБ УЗД (синяя линия) и собственного шума Phonak CROS II (красная линия). Важно отметить, что кривые сигналов собственного шума и речи не перекрываются в широком диапазоне частот. Кроме того, следует учесть, что слышимость собственного шума любого слухового аппарата может зависеть от настройки порогов срабатывания компрессии. Однако, повышение порогов срабатывания компрессии с целью уменьшения собственного шума влияет на слышимость тихой речи. Система Phonak CROS II обладает низким уровнем

собственного шума, что исключает необходимость изменения (повышения) порогов срабатывания компрессии.

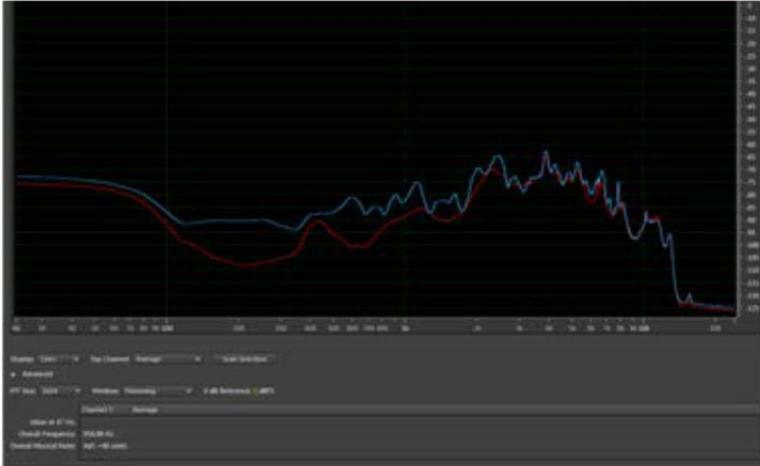


Рис. 3: Частотный спектр речевого семпла уровнем 40 дБ УЗД, соответствующего тихой речи (синяя линия). Собственный шум устройства CROS конкурента представлен красной линией. Степень взаимного наложения этих двух кривых свидетельствует о потенциальном негативном воздействии собственного шума на восприятие тихой речи.

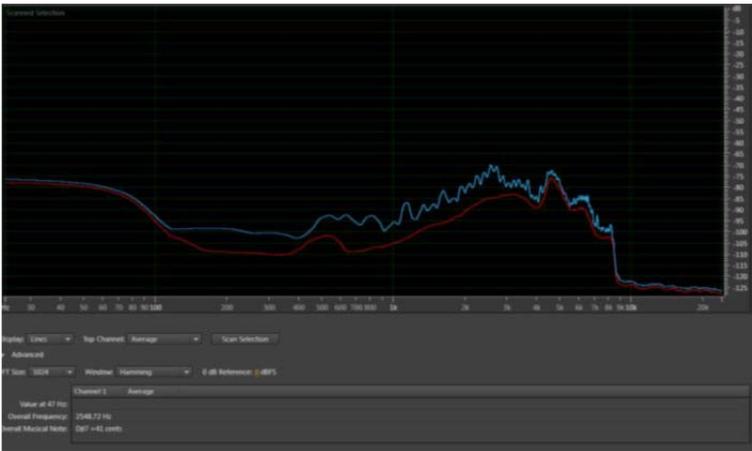


Рис. 4: Частотный спектр речевого семпла уровнем 40 дБ УЗД, соответствующего тихой речи (синяя линия). Собственный шум устройства Phonak CROS II представлен красной линией. Кривые взаимно не перекрываются вплоть до частоты 4000 Гц, что свидетельствует о большей вероятности слышимости тихой речи.

Функционирование направленных микрофонов

Сложности, связанные с односторонней потерей слуха и утратой бинауральных функций, могут быть недооценены из-за предположения о достаточной сохранности функций лучше слышащего уха. Однако, многие важные функции, включая локализацию и разборчивость речи на фоне шума, требуют бинаурального поступления информации. Действительно, Valente и соавт. (2002) отметили, что односторонняя тугоухость может привести к дефициту в 13 дБ ОСШ по сравнению с нормально слышащими людьми. По данным Chiossoine-Kerdel и соавт. (2000) 86% людей с односторонней тугоухостью, заполнивших анкету Hearing Handicap Inventory for Adults (HHIA), отметили значительные проблемы со слухом. CROS не может восстановить бинауральные функции, однако значительные усилия направляются на очистку звука с целью улучшения повседневного функционирования индивидуума и уменьшения степени субъективной неполноценности.

На рис. 5 и 6 представлены результаты измерения направленности систем CROS и BiCROS с помощью Verifit II. На обоих рисунках система Phonak CROS II показана слева, а система CROS конкурента – справа.

Как в случае CROS, так и в случае BiCROS, среднее разделение речи и шума на частотах 500, 1000, 2000 и 4000 Гц было выше у системы Phonak CROS II.

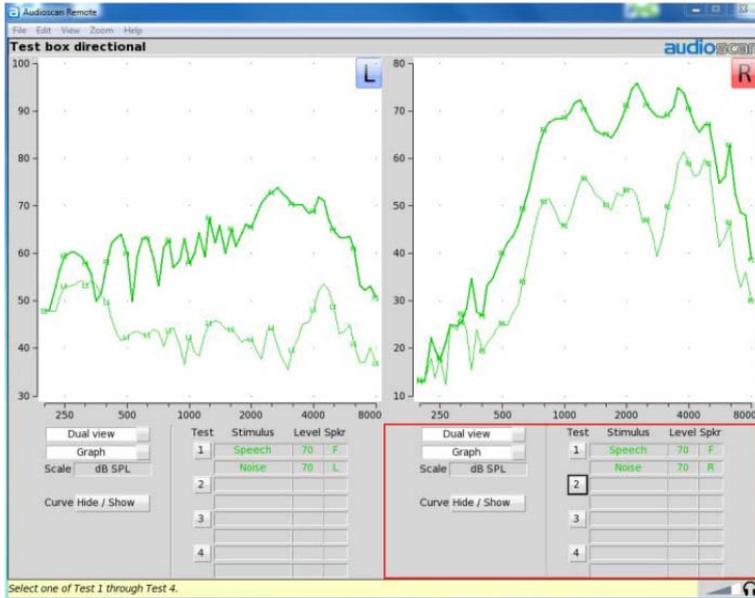


Рис. 5: Измерение направленности устройств CROS с помощью Verifit II. Система Phonak CROS II находилась в режиме Adaptive StereoZoom (слева), а система CROS конкурента – в адаптивном направленном режиме (справа). Обе системы были настроены на пороги слышимости 0 дБ по всем частотам в "лучшем" ухе. Разность между передним и боковыми направлениями в устройстве Phonak CROS II (слева) составляла в среднем 18 дБ УЗД на частотах 500, 1000, 2000 и 4000 Гц. Этот же параметр у системы конкурента составил 12 дБ УЗД.

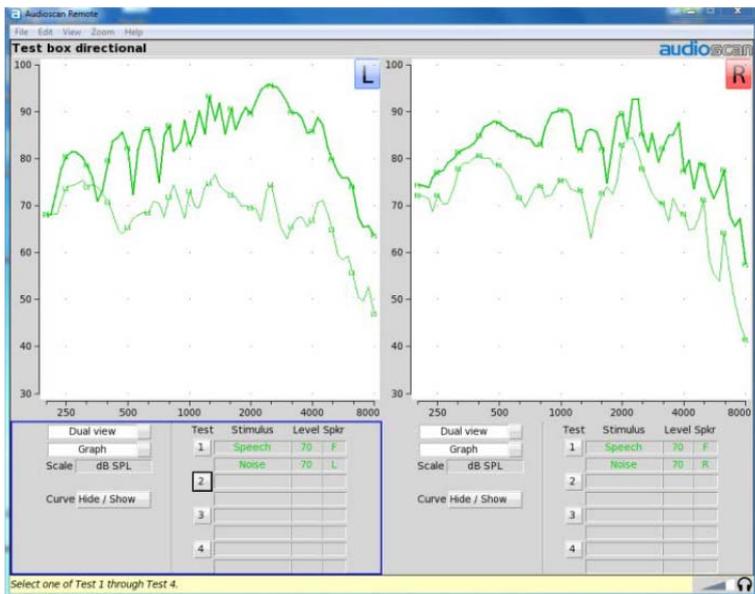


Рис. 6: Измерение направленности обеих систем в варианте BiCROS с помощью Verifit II. Обе системы были настроены на пороги слышимости 60 дБ ПС по всем частотам в "лучшем" ухе. Разность между передним и боковыми направлениями в устройстве Phonak CROS II (слева) составляла в среднем 19,5 дБ УЗД на частотах 500, 1000, 2000 и 4000 Гц. Этот же параметр у системы конкурента составил 8,5 дБ УЗД.

Большее разделение речи и шума, особенно в варианте CROS, можно объяснить значительными различиями предписываемого низкочастотного усиления в Phonak CROS II и устройстве конкурента. Меньшее низкочастотное усиление, предписываемое в устройстве конкурента, может ограничить эффективность направленных микрофонов. Различия предписанного усиления в варианте BiCROS, измеренные посредством Verifit, представлены на рис. 7.

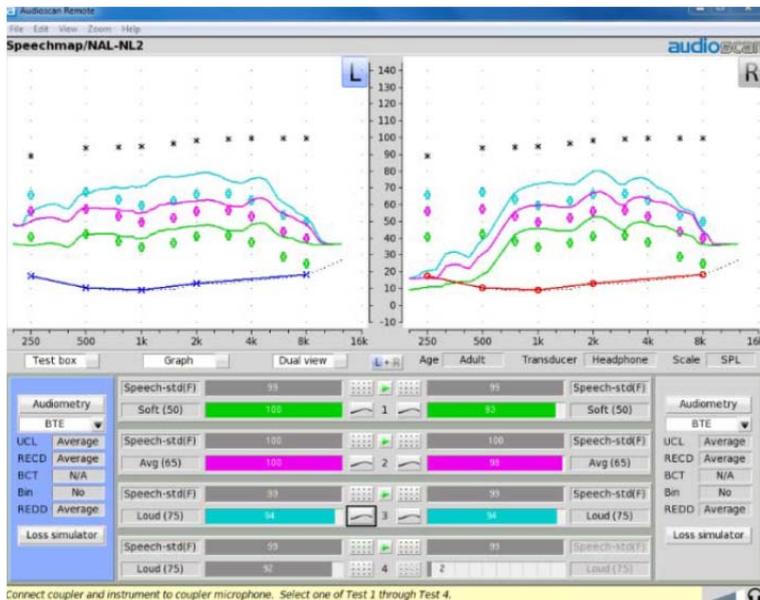


Рис. 7: Выход Verifit для тихих, средних и громких входных уровней. Система Phonak CROS II представлена слева, система CROS конкурента – справа. Обратите внимание на меньшее низкочастотное усиление в устройстве CROS конкурента. Это может ограничить эффективность некоторых функций, в том числе направленных микрофонов.

Удобство использования

Наyes и соавт. (2005) указывали на сложность использования как потенциальный источник неудовлетворенности устройствами Bi(CROS). Устройства описывались как "не дружелюбные к пользователю", если для включения функции необходимо воспользоваться кнопкой или переключателем. Кроме того, Williams и соавт. (2012) обнаружили, что ручная регулировка устройства Bi(CROS) была в числе пяти основных проблем, с которыми сталкивались пользователи устройств CROS. Система Phonak CROS II использует усовершенствованный алгоритм анализа окружающей обстановки и соответствующим образом регулирует функционирование передатчика и принимающего слухового аппарата. Система CROS конкурента предполагает, что по умолчанию передатчик выключен; пользователь должен самостоятельно включать и выключать его в зависимости от обстановки.

На двух приведенных ниже рисунках отображено ОСШ системы Phonak CROS II (слева) и системы CROS конкурента (справа) при включенном и выключенном передатчике в трех сложных вариантах акустической обстановки. На рисунках также отображены действия, необходимые для оптимизации прослушивания в каждом из вариантов акустической обстановки, для системы Phonak CROS II (зеленый текст) и системы CROS конкурента (красный текст).

На рис. 8 представлены результаты измерения ОСШ, когда речь поступает в передатчик ("худшее" ухо), а шум – в приемник ("лучшее" ухо). В этом случае пользователь ощущает преимущество автоматической адаптивной системы Phonak, оставляющей передатчик в режиме Real Ear Sound, тогда как приемник переводится в режим направленности UltraZoom. Система конкурента (после включения CROS вручную) обнаруживает шум и активирует режим бинауральной направленности, что неизбежно приводит к отсечению части целевого сигнала, поступающего сбоку в хуже слышащее ухо.

Результаты измерения ОСШ в условиях диффузного шума и фронтального расположения источника речи представлены на рис. 9. В этом случае активируется адаптивная система узкой направленности Phonak StereoZoom. Она позволяет максимально аттенуировать шум. Решение, предлагаемое Phonak, является единственным полностью автоматическим (в системе конкурента CROS должен быть включен вручную) и обеспечивает наиболее эффективное повышение ОСШ.

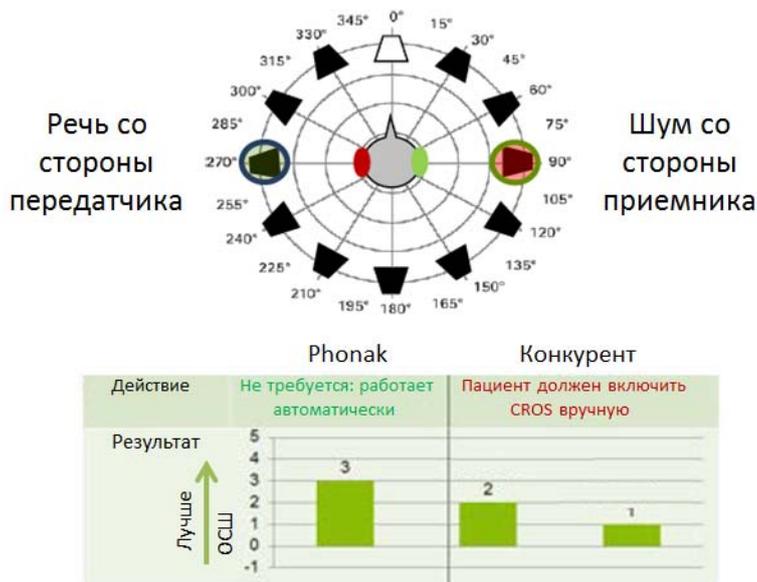


Рис. 8: Акустическая обстановка "речь – в передатчик, шум – в приемник". Система Phonak CROS II (слева) и система CROS конкурента (справа) с включенным и выключенным передатчиком.

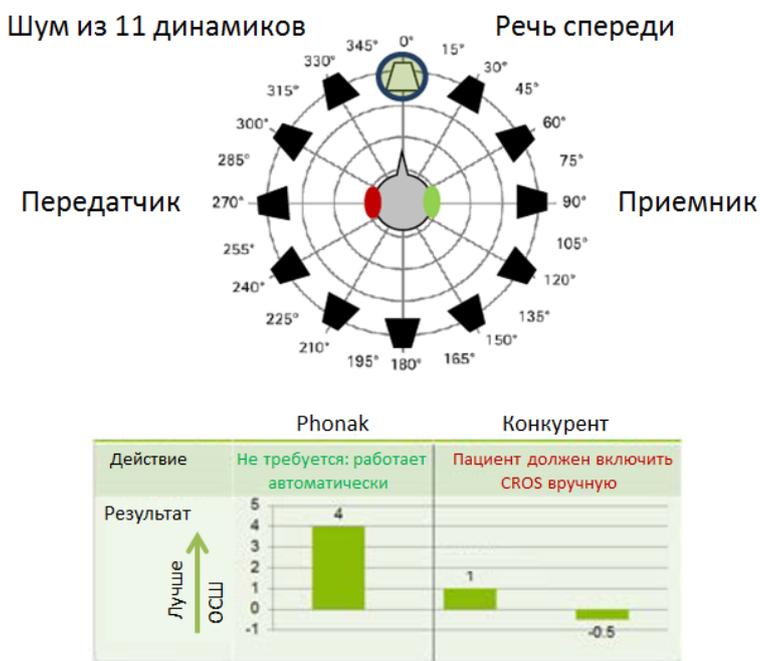


Рис. 9: Акустическая обстановка "речь – спереди, речевой шум – из 11 динамиков". Система Phonak CROS II (слева) и система CROS конкурента (справа) с включенным и выключенным передатчиком.

На рис. 10 и 11 продемонстрировано различие выходных амплитудно-частотных характеристик принимающего слухового аппарата при включенном (фиолетовая кривая) и выключенном (оранжевая кривая) передатчике CROS.

Результаты свидетельствуют о стабильности функционирования принимающего слухового аппарата Phonak, даже при выключенном передатчике CROS. Система конкурента, напротив, выключает принимающий слуховой аппарат при выключении передатчика. Даже если пользователю не требуется усиление в лучше слышащем ухе, ощущение выключенного, или "мертвого", слухового аппарата весьма дискомфортно.

Закключение

Результаты настоящего исследования свидетельствуют о более высоком качестве звучания системы Phonak CROS II по сравнению с системой конкурента, в которой собственные шумы с высокой вероятностью будут слышны пользователю как в варианте CROS, так и BiCROS. Кроме того, возможность использования широкой или узкой (в зависимости от обстоятельств) направленности обеспечивает более высокое ОСШ в

системе Phonak CROS II. Наконец, Phonak CROS II не требует ручной активации программы CROS для перевода системы в оптимальный режим. Результаты проведенного эксперимента позволяют утверждать, что устройство Phonak обеспечивает высочайшее в отрасли качество звучания, устранение шума и автоматическое функционирование.

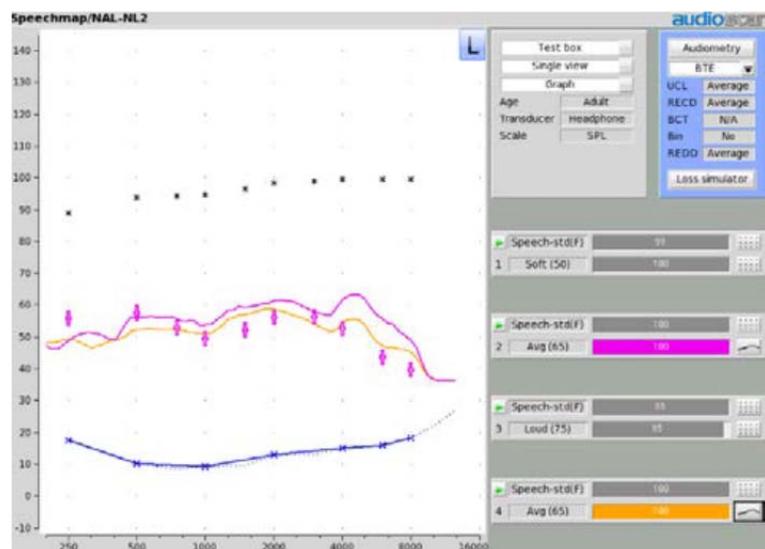


Рис. 10: Выход принимающего слухового аппарата Phonak Volero при включенном (фиолетовая кривая) и выключенном (оранжевая кривая) передатчике Phonak CROS II.

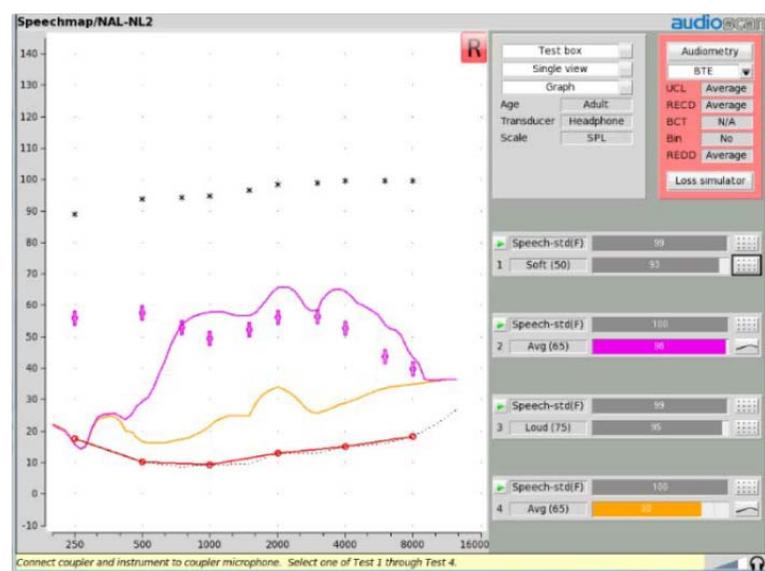


Рис. 11: Выход принимающего слухового аппарата конкурента при включенном (фиолетовая кривая) и выключенном (оранжевая кривая) передатчике CROS.

Литература

- Agnew, J. (1997). Audible circuit noise in hearing aid amplifiers. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 102(5), 2793-2799.
- Cashman, M., Corbin, H., Riko, K., & Rossman, R. (1984). Effect of recent hearing aid improvements on management of the hearing impaired. *The Journal of otolaryngology*, 13(4), 227-231.
- Chiossoine-Kerdel, J. A., Baguley, D. M., Stoddart, R. L., & Moffat, D. A. (2000). An investigation of the audiologic handicap associated with unilateral sudden sensorineural hearing loss. *Otology & Neurotology*, 21(5), 645-651.
- Ericson, H., Svärd, I., Högset, O., Devert, G., & Ekström, L. (1988). Contralateral Routing of Signals in Unilateral Hearing Impairment A Better Method of Fitting. *Scandinavian audiology*, 17(2), 111-116.

Hagerman, B., Olofsson, A., & Nästén, A. (2002). Noise reduction measurements in hearing aids. Presented at the International Hearing Aid Research Conference, Tahoe City, CA.

Hayes, D., Pumford, J., & Dorscher, M. (2005). Advantages of DSP instruments for wireless CROS fittings. *The Hearing Journal*, 58(3), 44-46.

Hol, M. K., Kunst, S. J., Snik, A. F., & Cremers, C. W. (2010). Pilot study on the effectiveness of the conventional CROS, the transcranial CROS and the BAHA transcranial CROS in adults with unilateral inner ear deafness. *European archives of oto-rhino-laryngology*, 267(6), 889-896.

Nabelek, A. K., Tucker, F. M., & Letowski, T. R. (1991). Toleration of Background Noises Relationship With Patterns of Hearing Aid Use by Elderly Persons. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 34(3), 679-685.

Nabelek, A. K., Freyaldenhoven, M. C., Tampas, J. W., Burchfield, S. B., & Muenchen, R. A. (2006). Acceptable noise level as a predictor of hearing aid use. *Journal of the American Academy of Audiology*, 17(9), 626-639.

Ryu, N., Moon, J., Jin, S., Park, H., Jang, K., Cho, Y. (2013). Clinical effectiveness of wireless CROS (contralateral routing of offside signals) hearing aids. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*.

Schafer, E.C., Baldus, N., D'Souza, M., Algier, K., Whiteley, P., Hill, M. (2013). Behavioral and subjective performance with digital CROS/BiCROS hearing instruments. *Journal of Rehabilitative Audiology* 46:62-93

Valente M, Valente M, Enrietto J, Layton KM. Fitting strategies for patients with unilateral hearing loss. In: Valente M, ed. *Strategies for Selecting and Verifying Hearing Aid Fitting*. 2nd ed. New York, NY: Thieme; 2002:253–271

Williams, V. A., McArdle, R. A., & Chisolm, T. H. (2012). Subjective and objective outcomes from new BiCROS technology in a veteran sample. *Journal of the American Academy of Audiology*, 23(10), 789-806.

Авторы

Christine Jones работает в Phonak с 2001 г. В настоящее время – директор Центра аудиологических исследований Phonak (PARC). Руководит программой внутренних и внешних клинических исследований. До этого Christine отвечала за педиатрическое направление в компании Phonak US и занималась педиатрическими клиническими исследованиями в PARC. Christine получила степень магистра аудиологии в Университете Вандербильта и доктора аудиологии – в Центральном мичиганском университете.



Lori Rakita работает аудиологом-исследователем в PARC. В компании Phonak руководила программой технических испытаний, создания доказательной базы и клинической поддержки продукции. Lori получила степень бакалавра психологии в Университете Висконсина-Мэдисона и степень доктора аудиологии – в Университете Вашингтона в Сент-Луисе.

