

20. *Dzhuplina, G.Yu. Vishnevetskiy V.Yu., Starchenko I.B., Shashkin M.S.* Teoreticheskaya model' optoakusticheskogo rasseyaniya na nanorazmernykh ob"ektakh dlya ucheta raspredeleniya zagryaznyayushchikh veshchestv v vodnoy srede [Theoretical model of the optoacoustic scattering by nanoscale objects to account for the distribution of pollutants in the aquatic environment], *Inzhenernyy vestnik Dona* [Engineering journal of Don], 2011, Vol. 18, No. 4, pp. 13-19.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор С.П. Тарасов.

**Кравчук Денис Александрович** – Южный федеральный университет; e-mail: Kravchukda@sfedu.ru; 347922, ул. Шевенко, 2, корп. «Е»; тел.: 88643371795; кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; доцент.

**Слива Галина Юрьевна** – ЗАО ОКБ "Ритм"; e-mail: stabilan@okbritm.com.ru; 347900, г. Таганрог, ул. Петровская, 99; тел.: 88634383643; к.т.н., ведущий специалист.

**Орда-Жигулина Дина Владимировна** – e-mail: dinazhigulina@sfedu.ru; тел.: 88634311933; ведущий инженер.

**Kravchuk Denis Aleksandrovitch** – Southern Federal University; e-mail: Kravchukda@sfedu.ru; 347922, Schevchenko street, 2, build. "E"; phone: +78643371795; the department of electrohydroacoustic and medical equipment; associate professor.

**Sliva Galina Yurievna** – ZAO OKB "RITM"; e-mail: stabilan@okbritm.com.ru; 99, Petrovskaya street, Taganrog, Russia, 347900, Russia; phone: +78634383643; cand. of eng. sc.; senior specialist.

**Orda-Zhigulina Dina Vladimirovna** – e-mail: dinazhigulina@sfedu.ru; phone +78634311933; senior engineer.

УДК 534.771

DOI 10.23683/2311-3103-2017-4-254-261

**Н.Н. Чернов, И.А. Кириченко, Р.П. Бондаренко, И.И. Кириченко**

#### **АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИАГНОСТИКИ НАРУШЕНИЙ СЛУХА С ПРИМЕНЕНИЕМ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ ГРАФОВ**

*Решение задачи ранней диагностики заболеваний слуха человека является актуальным для проводимых профилактических обследований населения. Для целей диагностики слуха традиционно используются субъективные методы обследования, такие как тональная аудиометрия и речевая аудиометрия, а также объективные методы, одним из которых является тимпанометрия. Эти методы предусматривают графическое представление результатов. На качественную и количественную оценку полученных результатов, в особенности на анализ и принятие решений по таким характеристикам, как форма и конфигурация тональных аудиограмм, речевых аудиограмм и тимпанограмм, оказывает влияние субъективность оценки разными экспертами. При этом различие в оценках может быть значительным, что влияет на точность постановки диагноза. Представлена структурная схема биотехнической системы диагностики нарушений слуха, которая позволяет реализовать статистические методы анализа тональных аудиограмм и тимпанограмм. Использовались данные результатов импедансной аудиометрии тональной аудиометрии. Был проведен регрессионный анализ аудиограмм и тимпанограмм типа С с диагнозом отит. Вычислялось среднее значение коэффициента корреляции для внутрибарабанного давления и его среднеквадратическое отклонение. Результаты анализа данных по оценке силы корреляционной связи тональных аудиограмм, соответствующих нарушениям звукопроводимости и звукопроводимости при отите, и тимпанограмм, представленных в данной работе, позволяют сделать вывод о том, что в качестве значащего признака силы связи можно учитывать знак коэффициента корреляции для рассматриваемых случаев отклонения от нормы. По результатам оценки корреляционной связи тональных пороговых аудиограмм и тимпанограмм построены корреляционные графы. В качестве признака для тональных аудиограмм использовался коэффициент корреляции Пирсона. В случае анализа*

тимпанограмм был использован коэффициент ранговой корреляции Спирмена. При построении корреляционных графов были установлены связи, для которых значение коэффициента корреляции оказалось ниже порогового значения. Построенные корреляционные плеяды позволили сократить число связей анализируемых параметров за счет исключения менее статистически значимых.

*Коэффициент корреляции; корреляционный граф; тональная пороговая аудиограмма; тимпанограмма.*

**N.N. Chernov, I.A. Kirichenko, R.P. Bondarenko, I.I. Kirichenko**

### **ANALYSIS OF DIAGNOSTICS OF HEARING DISORDERS WITH THE USE OF CORRELATION GRAPH**

*The solution for the human hearing diseases early diagnostics problem is relevant for ongoing preventive population surveys. For the purposes of the hearing diagnostics traditionally used are subjective methods of inspection, such as tone and speech audiometry and objective methods, one of which is tympanometry. These methods provide a graphical representation of the results. The qualitative and quantitative assessment of the results, particularly the analysis and decision-making on characteristics such as the shape and configuration of the tone audiogram, speech audiogram and tympanograms are influenced by the subjectivity of evaluation by different experts. This difference in estimates can be significant, affecting the accuracy of the diagnostics. The paper presents a block diagram of biotechnical system diagnostics of hearing disorders, which allows implementation of the statistical methods of analysis of tone audiogram and tympanograms. We used the data of the results of impedance audiometry tone audiometry. Conducted was the regression analysis of audiogram and tympanograms of type C with a diagnosis of otitis. It calculates the average value of the correlation coefficient for pressure inside the eardrum and its standard deviation. Results of the analysis of data to assess the strength of correlation tone audiogram, corresponding disturbances sound perception and conduction with otitis and tympanograms presented in this paper lead to the conclusion that as a significant sign of the coupling strength can be taken into account the sign of the correlation coefficient for the cases of deviation from standards. Using the results of the evaluation of correlation tone in threshold audiogram and tympanograms the correlation graphs are built. As an indication of the tone audiogram used was the Pearson correlation coefficient. In tympanograms analysis used was the Spearman's rank correlation coefficient. In constructing the correlation graphs established were the communications, for which the correlation coefficient value was below the threshold. The built correlation galaxies have allowed reducing the number of communications in the analyzed parameters by eliminating the less statistically significant ones.*

*Correlation coefficient; correlation graph; threshold tone audiogram; tympanogram.*

**Статистические методы в аудиометрии.** Для диагностики слуха человека широко применяют методы исследования, такие как тональная аудиометрия и речевая аудиометрия, импедансная аудиометрия. Традиционное применение субъективных и объективных методов подробно описано в отечественных и зарубежных руководствах и монографиях [1–9]. Особенностью традиционных методов исследования слуха является графическое представление результатов в виде тональных аудиограмм, речевых аудиограмм и тимпанограмм, по которым визуально осуществляется диагностика состояния слуха. На постановку диагноза оказывает влияние субъективность принятия решений экспертами. В аудиологической практике разница в оценке может быть значительной. Это оказывает влияние на точность диагностики традиционными методами исследования слуха.

Современные диагностические приборы позволяют автоматизировать весь процесс получения диагностической информации, а также ее представление в виде графиков, диаграмм и таблиц. Задача повышения достоверности методов исследования слуха с использованием различных статистических методов анализа рассматривалась ранее в ряде работ [10–14]. При этом предлагаются различные критерии и подходы к формированию и оценке диагностической информации:

- ◆ классификация аудиограмм на основе экспертной информации [10];

- ◆ пороги слышимости в пространстве нечетких признаков [11];
- ◆ разработка электронной библиотеки аудиограмм [12];
- ◆ разработка биотехнической системы анализа данных аудиометрии [13];
- ◆ регрессионный анализ данных аудиометрии [14].

Авторами была сформирована база данных тональных пороговых аудиограмм, разработана структура биотехнической системы и алгоритм регрессионного анализа аудиограмм. В качестве признака использовался коэффициент корреляции Пирсона. Статистическая оценка данных тональной аудиометрии [14] показала, что учет направления (знак коэффициента корреляции) и силы связи (значение коэффициента корреляции) позволяет получить новый информационный признак отклонения потерь слуха от нормы. В качестве дополнительных признаков было предложено использовать алгоритм определения конфигурации тональных аудиограмм и алгоритм k-внутригрупповых средних [15]. На основе этих алгоритмов были вычислены параметры функции принадлежности классов «норма» и «отклонение от нормы».

**Регрессионный анализ результатов тимпанометрии.** Результаты диагностики субъективными методами, к которым относится тональная пороговая аудиометрия, зависят от реакции обследуемого на предъявляемые тональные стимулы. В аудиологической практике этот субъективный момент снижает достоверность полученных данных [1, 2]. В отличие от тональной аудиометрии, импедансная аудиометрия является объективным методом исследования слуха, основанным на измерении акустического импеданса среднего уха [3].

Среди диагностических параметров импедансной аудиометрии выделяют: объем наружного слухового прохода, пик комплианса, давление пика и ширину тимпанограммы [3]. На первом этапе исследований по установлению корреляционной связи параметров тимпанограмм, аналогично исследованиям тональных пороговых аудиограмм, была рассмотрена задача оценки связи двух параметров графического представления: пик комплианса и ширина произвольной тимпанограммы и нормальной тимпанограммы. Область внутрибарабанного давления была разделена на два диапазона: отрицательная область давления (-400 даПа; 0 даПа) и положительная область давления (0; +200 даПа). В качестве исходных данных были использованы нормальные тимпанограммы и тимпанограммы типа С соответствующие диагнозу отит [3]. Для выбранных из базы данных тимпанограмм по формуле Пирсона были рассчитаны значения коэффициента корреляции, определены среднее значение коэффициента корреляции ( $T$ ) и среднее квадратическое отклонение ( $СКО_t$ ) [16]. Для полной области внутрибарабанного давления тимпанограмм типа С среднее значение коэффициента корреляции и среднее квадратическое отклонение составили  $T=-0,35$ ;  $СКО_t=0,12$ . Результаты расчета для диапазонов отрицательной и положительной областей давления составили  $T=-0,41$ ;  $СКО_t=0,11$  и  $T=0,48$ ;  $СКО_t=0,15$ , соответственно [17].

Результаты сравнительного анализа полученных в [14] данных по оценке силы корреляционной связи тональных аудиограмм, соответствующих нарушениям звуковосприятия и звукопроводимости при отите, и тимпанограмм, представленных в данной работе, позволяют сделать вывод о том, что в качестве значащего признака силы связи необходимо учитывать знак коэффициента корреляции.

**Биотехническая система импедансной аудиометрии.** С целью дополнения алгоритмов анализа результатов импедансной аудиометрии [3], разработана структура биотехнической системы импедансной аудиометрии, представленная на рис. 1.

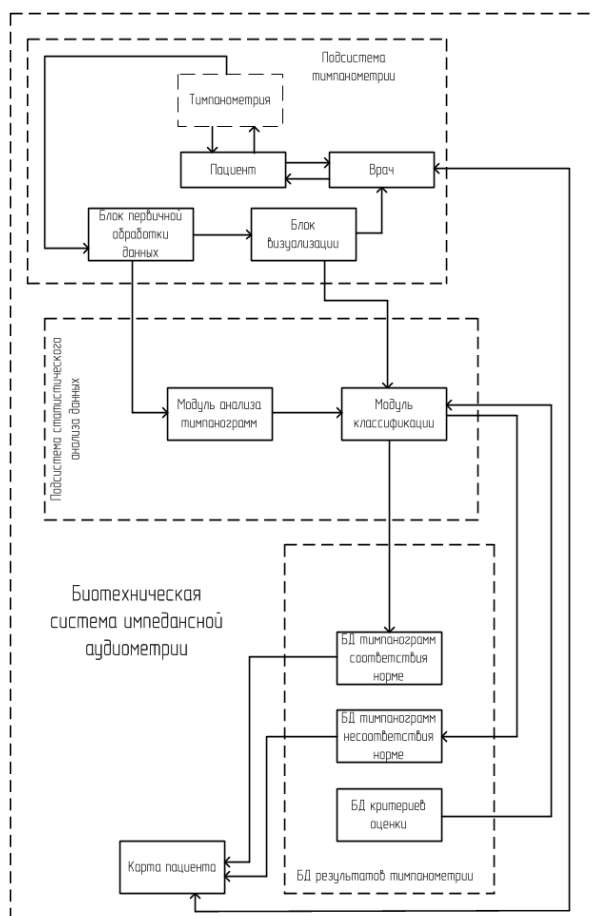


Рис. 1. Биотехническая система импедансной аудиометрии

Структуру биотехнической системы импедансной аудиометрии помимо подсистемы тимпанометрии, выполняющую стандартные функции тимпанометра, предложено дополнить базой данных тимпанограмм и подсистемой статистического анализа. Подсистема статистического анализа должна содержать модуль анализа тимпанограмм и модуль классификации. Для повышения достоверности полученных результатов и постановки диагноза результаты статистического анализа тимпанограмм могут быть дополнены анализом корреляционной связи костно-воздушного интервала, данными речевой аудиометрии, а также применением для анализа данных лингвистических переменных [18–20].

**Применение корреляционных графов для анализа результатов аудиометрии.** В зависимости от цели и задач статистического анализа данных исследования состояния слуха можно использовать корреляционный анализ разного уровня сложности [16]. Ранее в работах [14, 17, 19] была установлена взаимосвязь состояния системы слуха для тональных пороговых аудиограмм костной и воздушной проводимости. Результаты исследования слуха дают возможность применять для анализа несколько переменных. В общем случае, их число может быть не ограничено. В проводимых исследованиях для определения величины коэффициента корреляции уровень статистической значимости результата должен быть не ниже  $p \leq 0,05$  [16].

В продолжение исследований, проведенных авторами [14, 17, 19], на первом этапе были составлены корреляционные матрицы и построены корреляционные графы для массивов значений воздушной проводимости (ВП) и костной проводимости (КП) аудиограмм, соответствующих нормальному слуху (Н) отиту (нарушение звукопроводимости) и невриту слуховых нервов (нарушение звуковосприятия). В качестве признака использовался коэффициент корреляции Пирсона. На втором этапе исследований анализ результатов диагностики слуха субъективными методами был дополнен статистическим анализом тимпанограмм. Норме соответствует тимпанограмма типа А. Тимпанограмма типа С характеризуется смещением пика давления. Из [3] известно, что данный тип характерен для отита, поэтому для исследования был выбран тип С. Основными параметрами при анализе тимпанограмм являются: объем слухового прохода (ОСП), градиент (Град), подвижность (Подв) и давление в полости среднего уха (ДСП) [3]. При построении корреляционного графа мы получаем визуальное представление о характере связи, поэтому важен выбор типа коэффициента корреляции. В отличие от тональных аудиограмм, в случае тимпанограмм связь не является линейной. В этом случае правильным будет использование коэффициента ранговой корреляции Спирмена [16]. Параметры тимпанограмм были проранжированы (от 1 до 5), определены значения коэффициента ранговой корреляции Спирмена, составлена корреляционная матрица и построен корреляционный граф.

Традиционное деление на слабую ( $r > 0 \leq 0,29$ ), умеренную ( $r > 0,30 \leq 0,69$ ) и сильную ( $r > 0,70 \leq 1,00$ ) корреляцию позволяет применить анализ методом корреляционных плеяд и получить разделение признаков с малой и большой по величине корреляцией  $r$  [16]. На рис. 2. показан пример построения корреляционной плеяды для анализа тональной пороговой аудиограммы.

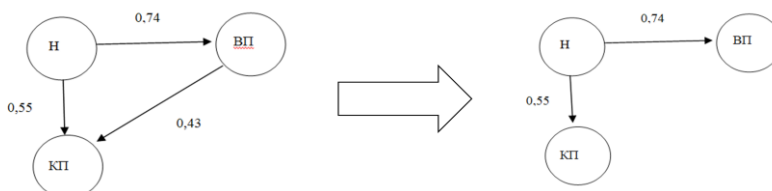


Рис. 2. Корреляционная плеяда тональной пороговой аудиограммы

При построении плеяды для корреляционного графа тональной пороговой аудиограммы нами использовался коэффициент корреляции Пирсона, для которого пороговое значение коэффициента корреляции (уровень значимости  $p \leq 0,05$ ) составляет 0,5 [16]. В полученном графе меньше порога оказалась связь между воздушной (ВП) и костной (КП) проводимостями, что согласуется с визуальными изменениями аудиограмм и характером костно-воздушного интервала для потерь звуковосприятия [1, 2].

На рис. 3 показан пример построения корреляционной плеяды для анализа тимпанограммы.

Задавшись пороговым значением коэффициента корреляции 0,7 (уровень значимости  $p \leq 0,05$ ), исключаем из графа линии, которые соответствуют корреляции меньше пороговой величины. В полученном корреляционном графе это связь между объем слухового прохода и градиентом.



Рис. 3. Корреляционная плеяда тимпанограммы

Построенные корреляционные плеяды позволяют сократить число связей анализируемых параметров за счет исключения менее статистически значимых. При этом достоверность принятых экспертом решений не снижается. Для повышения достоверности количественной оценки силы корреляционной связи тональных аудиограмм и тимпанограмм необходимо увеличить объем выборки исходных данных. Полученные результаты показали возможность применения данных расчетов в корреляционной адаптометрии, что позволит при проведении профилактических осмотров определять без большого объема вычислений наличие отита, а также другие заболевания.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Альтман Я.А., Таварткиладзе Г.А.* Руководство по аудиологии. – М.: ДМК Пресс, 2003. – 360 с.
2. *Джафек Б.У., Старк Э.К.* Секреты оториноларингологии. – М.–СПб.: БИНОМ – Невский диалект, 2001. – 624 с.
3. *Кочкин Р.В.* Импедансная аудиометрия. – М.: Медицина, 2006. – 48 с.
4. *Kemp D.T.* Otoacoustic emissions, their origin in cochlear function, and use // *British Medical Bulletin.* – 2002. – Vol. 63. – P. 223-241.
5. *Jedrzejczak W., Blinowska K.J.* Identification of otoacoustic emissions components by means of adaptive approximations // *JASA.* – 2004. – Vol. 115, No. 5. – P. 2148-2158.
6. *Warwick Williams.* Noise exposure levels from personal stereo use // *International Journal of Audiology.* – 2005. – Vol. 44. – P. 231-236.
7. *Neitzel R., Seixas N., Olson J., Daniell W., Goldman B.* Nonoccupational noise exposures associated with routine activities // *J. Acoust Soc Am.* – 2004. – Vol. 115 (1). – P. 237-245.
8. *Rice C.G., Breslin M., Roper R.G.* Sound levels from personal cassette players // *Br J Audiol.* – 1987. – Vol. 21. – P. 273-278.
9. *Smith P.A., Davis A., Ferguson M., Lutman M.E* The prevalence and type of social noise exposure in young adults in England // *Noise Health.* – 2000. – Vol. 6. – P. 41-56.
10. *Абу-Мандил Н., Н.Н.Филатова.* Автоматизированная система диагностики нарушений слуха // *Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ».* Биотехнические системы в медицине и экологии. – 2006. – № 2. – С. 104-108.
11. *Миловидов А.А., Филатова Н.Н.* Программный комплекс для лингвистической интерпретации графических зависимостей с нечеткими координатами // *Программные продукты и системы.* – 2011. – № 3. – С. 110-114.
12. *Бондаренко Р.П., Кириченко И.А., Салов В.В.* Концепция разработки электронной библиотеки аудиограмм // *Известия ЮФУ. Технические науки.* – 2008. – № 5 (82). – С. 157-159.
13. *Бондаренко Р.П., Кириченко И.И.* Биотехническая система компьютерного анализа данных аудиометрии // *Известия ЮФУ. Технические науки.* – 2009. – № 7 (96). – С. 29-34.
14. *Бондаренко Р.П., Кириченко И.И., Черноморченко С.Г.* Применение регрессионного анализа данных в аудиометрии // *Известия ЮФУ. Технические науки.* – 2010. – № 9 (110). – С. 199-200.
15. *Бондаренко Р.П., Заграй Н.П., Кириченко И.И., Фирсова Т.Б.* Метод определения конфигурации тональных аудиограмм // *Известия ЮФУ. Технические науки.* – 2009. – № 10 (99). – С. 239-241.

16. Юнкеров В.И., Григорьев С.Г. Математико-статистическая обработка данных медицинских исследований. – СПб.: ВМедА, 2002. – 266 с.
17. Кириченко И.А., Кириченко И.И., Кумова Д.М. Регрессионный анализ результатов субъективных и объективных методов диагностики слуха // Научно-практическая конференция «Нелинейная акустика-50»: Сб. тр. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2015. – С. 156-160.
18. Кириченко И.И. Моделирование тестовых сигналов тональной и речевой аудиометрии // Сб. тр. науч. конф. «Сессия научного Совета РАН по акустике». Т. 3. – М.: ГЕОС, 2012. – С. 28-31.
19. Кириченко И.И., Лащенко К.А. Моделирование системы анализа данных речевой аудиометрии // Известия ТТИ ЮФУ–ДонНТУ: Материалы Тринадцатого Международного научно-практического семинара «Практика и перспективы развития партнерства в сфере высшей школы». В 3-х кн. Кн. 2. – Таганрог. Изд-во ТТИ ЮФУ, 2012. – № 12. – С. 76-81.
20. Бондаренко Р.П., Заграй Н.П., Кириченко И.И., Фирсова Т.Б. Применение лингвистических переменных для анализа аудиограмм // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2009. – № 10 (99). – С. 242-243.

## REFERENCES

1. Al'tman Ya.A., Tavartkiladze G.A. Rukovodstvo po audiologii [Guidelines for Audiology]. Moscow: DMK Press, 2003, 360 p.
2. Dzhafek B.U., Stark E.K. Sekrety otorinolaringologii [Secrets of otorhinolaryngology]. Moscow–St. Petersburg: BINOM – Nevskiy dialekt, 2001, 624 p.
3. Kochkin R.V. Impedansnaya audiometriya [Impedance audiometry]. Moscow: Meditsina, 2006, 48 p.
4. Kemp D.T. Otoacoustic emissions, their origin in cochlear function, and use, *British Medical Bulletin*, 2002, Vol. 63, pp. 223-241.
5. Jedrzejczak W., Blinowska K.J. Identification of otoacoustic emissions components by means of adaptive approximations, *JASA*, 2004, Vol. 115, No. 5, pp. 2148-2158.
6. Warwick Williams. Noise exposure levels from personal stereo use, *International Journal of Audiology*, 2005, Vol. 44, pp. 231-236.
7. Neitzel R., Seixas N., Olson J., Daniell W., Goldman B. Nonoccupational noise exposures associated with routine activities, *J. Acoust Soc Am.*, 2004, Vol. 115 (1), pp. 237-245.
8. Rice C.G., Breslin M., Roper R.G. Sound levels from personal cassette players, *Br J Audiol.*, 1987, Vol. 21, pp. 273-278.
9. Smith P.A., Davis A., Ferguson M., Lutman M.E The prevalence and type of social noise exposure in young adults in England, *Noise Health*, 2000, Vol. 6, pp. 41-56.
10. Abu-Mandil N., N.N.Filatova. Avtomatizirovannaya sistema diagnostiki narusheniy slukha [The automated system of diagnostics of hearing impairment], *Izvestiya SPbGETU «LETI». Biotekhnicheskie sistemy v meditsine i ekologii* [Bulletin of Saint-Petersburg State Electrotechnical University LETI. Biotechnical systems in medicine and ecology], 2006, No. 2, pp. 104-108.
11. Milovidov A.A., Filatova N.N. Programmnyy kompleks dlya lingvisticheskoy interpretatsii graficheskikh zavisimostey s nechetkimi koordinatami [Software for linguistic interpretation of plots with unclear coordinates], *Programmye produkty i sistemy* [Software products and systems], 2011, No. 3, pp. 110-114.
12. Bondarenko R.P., Kirichenko I.A., Salov V.V. Kontseptsiya razrabotki elektronnoy biblioteki audiogramm [Concept of electronic library of audiograms], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2008, No. 5 (82), pp. 157-159.
13. Bondarenko R.P., Kirichenko I.I. Biotekhnicheskaya sistema komp'yuternogo analiza dannykh audiometrii [Biotechnical system of the computer analysis of data audiometry], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2009, No. 7 (96), pp. 29-34.
14. Bondarenko R.P., Kirichenko I.I., Chernomorchenko S.G. Primenenie regressionnogo analiza dannykh v audiometrii [Application the regress analysis of data in audiometry], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2010, No. 9 (110), pp. 199-200.

15. Bondarenko R.P., Zagray N.P., Kirichenko I.I., Firsova T.B. Metod opredeleniya konfiguratsii tonal'nykh audiogramm [Method of definition of the configuration voice-frequency audiogram], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2009, No. 10 (99), pp. 239-241.
16. Yunkerov V.I., Grigor'ev S.G. Matematiko-statisticheskaya obrabotka dannykh meditsinskikh issledovaniy [Mathematical and statistical processing of medical research]. St. Petersburg: VMedA, 2002, 266 p.
17. Kirichenko I.A., Kirichenko I.I., Kumova D.M. Regressionnyy analiz rezul'tatov sub"ektivnykh i ob"ektivnym metodov diagnostiki slukha [Regression analysis of the subjective and objective hearing diagnostic methods], *Nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Nelineynaya akustika-50»*: Sb. tr. [Scientific-practical conference "Nonlinear acoustics-50": Collection of works]. Taganrog: Izd-vo YuFU, 2015, pp. 156-160.
18. Kirichenko I.I. Modelirovanie testovykh signalov tonal'noy i rechevoy audiometrii [Simulation test signal tone and speech audiometry], *Sb. tr. nauch. konf. «Sessiya nauchnogo Soveta RAN po akustike»* [Proceedings of the scientific conference "Session of scientific Council of RAS on acoustics", Vol. 3. Moscow: GEOS, 2012, pp. 28-31.
19. Kirichenko I.I., Lashchenko K.A. Modelirovanie sistemy analiza dannykh rechevoy audiometrii [Simulation data analysis system proceedings of speech audiometry], *Izvestiya TTI YuFU–DonNTU: Materialy Trinadtsatogo Mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo seminar «Praktika i perspektivy razvitiya partnerstva v sfere vysshey shkoly»* [Izvestiya TRTU–DonNTU: proceedings of the Thirteenth International scientific-practical seminar "Practice and prospects of partnership development in the sphere of higher education"]. In 3 book. Book 2. Taganrog. Izd-vo TTI YuFU, 2012, No. 12, pp. 76-81.
20. Bondarenko R.P., Zagray N.P., Kirichenko I.I., Firsova T.B. Primenenie lingvisticheskikh peremennykh dlya analiza audiogramm [The use of linguistic variables for the analysis of audiogram], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2009, No. 10 (99), pp. 242-243.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор С.П. Тарасов.

**Чернов Николай Николаевич** – Южный Федеральный университет; e-mail: nchernov@sfedu.ru; 347928; г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44; кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; профессор.

**Кириченко Игорь Алексеевич** – e-mail: ikirichenko@sfedu.ru; кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; доцент.

**Кириченко Инна Игоревна** – e-mail: ikirichenko@sfedu.ru; кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; аспирант.

**Бондаренко Роман Павлович** – ООО «ФОРТИС»; e-mail: bondarenkorp@gmail.com; г. Москва, Волоколамское шоссе 89, офис 508; к.т.н.; зам. генерального директора.

**Chernov Nikolay Nikolaevich** – Southern Federal University; e-mail: nnchernov@sfedu.ru; 44, Nekrasovsky, Taganrog, 347928; Russia; the department of acoustics and medical technology; professor.

**Kirichenko Igor Alekseevich** – e-mail: ikirichenko@sfedu.ru; the department of acoustics and medical technology; associate professor.

**Kirichenko Inna Igorevna** – e-mail: ikirichenko@sfedu.ru; the department of acoustics and medical technology; a graduate student.

**Bondarenko Roman Pavlovich** – LLC «FORTIS»; e-mail: bondarenkorp@gmail.com; Moscow, Volokolamsk Highway 89, Suite 508; cand. of eng. sc.; deputy director general.