

УДК 331.452

DOI: 10.46548/21vek-2021-1054-0034

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ НАСТРОЙКИ СИГНАЛИЗАЦИИ  
ЗАДНЕГО ХОДА ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ**

© 2021

**Дмитриев Михаил Сергеевич**, доктор технических наук, профессор кафедры автомобильного транспорта, информационных технологий и методики обучения техническим дисциплинам

**Хасанова Марина Леонидовна**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры автомобильного транспорта, информационных технологий и методики обучения техническим дисциплинам

**Руднев Валерий Валентинович**, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой автомобильного транспорта, информационных технологий и методики обучения техническим дисциплинам

*Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет*

*(Россия, 454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 69,*

*e-mails: oad2005@mail.ru, marina24-03@mail.ru, rudnevrv@cspu.ru)*

**Аннотация.** Данная статья посвящена решению проблемы снижения риска несчастных случаев, связанных с наездом грузовых автомобилей при их движении задним ходом на работников. Наиболее эффективным способом предотвращения подобных несчастных случаев является максимальное ограничение маневрирования автомобилей задним ходом, а также присутствия работающих в зоне движения транспортных средств путем разработки рациональных схем движения. Но при этом звуковая сигнализация заднего хода остается одним из наиболее распространенных средств обеспечения безопасности работающих вблизи движущихся автомобилей. Звуковые сигналы имеют преимущество перед визуальными, так как они обычно привлекают внимание людей независимо от направления взгляда. Однако в ряде случаев сигнализация заднего хода является недостаточно эффективной. Зачастую звуковые сигналы не воспринимаются из-за фонового шума. Нередки случаи, когда сигнал трудно локализовать в пространстве, и он не вызывает у работника необходимость переместиться в безопасную зону. Иногда он просто игнорируется, например, в случаях, когда сигнал срабатывает часто без наличия какой-либо реальной опасной ситуации. В некоторых случаях сигналы заднего хода являются настолько громкими и раздражающими, что рабочие предпочитают отключать их. Использование звуковых сигналов при уровнях громкости, слишком высоких по сравнению с фоновым шумом, вызывает значительные неудобства не только для рабочих, но и для жителей близлежащих районов. При этом в настоящее время не существует достаточно четких рекомендаций относительно настройки отношения сигнал/шум. В связи с вышесказанным с целью определения оптимального отношения сигнал/шум были проведены эксперименты по определению порогов обнаружения и реагирования для двух типов сигналов заднего хода грузовых автомобилей при наличии различных видов фонового шума.

**Ключевые слова:** безопасность труда, грузовой автомобиль, сигнал заднего хода, уровень шума, порог обнаружения, порог реагирования.

**DETERMINING THE OPTIMAL PARAMETERS OF THE TRUCKS REVERSE SIGNALS SETTINGS**

© 2021

**Dmitriev Mikhail Sergeevich**, doctor of engineering sciences, professor of the department of Automobile Transport, Information Technologies and Methods of Teaching Technical Disciplines

**Khasanova Marina Leonidovna**, candidate of engineering sciences, associate professor, associate professor of the department of Automobile Transport, Information Technologies and Methods of Teaching Technical Disciplines

**Rudnev Valery Valentinovich**, candidate of engineering sciences, associate professor, head of the department of Automobile Transport, Information Technologies and Methods of Teaching Technical Disciplines

*South Ural State Humanitarian Pedagogical University*

*(Russia, 454080, Chelyabinsk, 69 Lenin Ave., e-mails: oad2005@mail.ru, marina24-03@mail.ru, rudnevrv@cspu.ru)*

**Abstract.** This paper is dedicated to solving the problem of reducing the risk of accidents associated with collisions with trucks when reversing. The most effective way to prevent such accidents is to limit as much as possible the reverse maneuvering of vehicles, as well as the presence of workers in the vehicles' movement area by developing rational traffic patterns. But at the same time, the audible reverse alarm remains one of the most common means of ensuring the people working near moving vehicles safety. Audible signals take precedence over visual ones as they tend to grab people's attention regardless of the direction they are looking. However, in some cases, the reverse signaling is not effective enough. Often, audio signals are not picked up due to background noise. There are often cases when the signal is difficult to localize in space, and it does not cause the worker to move to a safe area. Sometimes it is simply ignored, for example in cases where the signal is triggered often without any real dangerous situation present. In some cases, the reversing signals are so loud and annoying that workers prefer to turn them off. The use of audio signals at loudness levels that are too high compared to background noise causes significant inconvenience not only for workers, but also for the surrounding areas residents. At the same time, there are currently no sufficiently clear recommendations regarding the setting of the signal-to-noise ratio. In connection with the above, in order to determine the optimal signal-to-noise ratio,

experiments were carried out to determine the detection and reaction thresholds for two types of truck reverse signals in the presence of various types of background noise.

**Keywords:** safety at work, truck, reverse signal, noise level, detection threshold, reaction threshold.

**Введение.** Среди несчастных случаев на производстве, происходящих в нашей стране, далеко не последнее место занимают случаи, связанные с наездом грузовых автомобилей, движущихся задним ходом, на работников. Наилучшим способом предотвращения подобных несчастных случаев является максимальное ограничение маневрирования автомобилей задним ходом, а также присутствия работающих в зоне движения транспортных средств путем разработки рациональных схем движения. Но при этом звуковая сигнализация заднего хода остается одним из наиболее распространенных средств обеспечения безопасности работающих вблизи движущихся автомобилей [1-3].

Существует несколько рекомендаций, чтобы сделать ее использование более безопасным или, по крайней мере, оптимизировать его [4-7]:

1) сигнализация должна быть размещена в оптимальном месте (в задней части грузового автомобиля на высоте от 1 до 2 м), чтобы рабочий, находящийся в опасной зоне, мог видеть ее;

2) следует обеспечить оптимальную регулировку громкости сигнала с учетом всех источников шума вокруг транспортного средства;

3) максимально допустимая скорость движения задним ходом должна составлять 12,6 км/ч, чтобы обеспечить правильное соотношение сигнал/шум и минимальное время реакции в 2 секунды;

4) использование широкополосной сигнализации рекомендуется в ситуациях, когда несколько транспортных средств одновременно выполняют маневры задним ходом, и для минимизации рисков, связанных с неудовлетворительной слуховой локализацией.

Звуковая сигнализация заднего хода, с одной стороны, является средством минимизации риска наезда транспортных средств на работников, с другой стороны, из-за высокой громкости производимых ей звуков очень часто причиняет значительные неудобства для людей, проживающих вблизи производств, где используются автомобили, выполняющие маневры задним ходом.

Звуковые сигналы имеют преимущество перед визуальными, заключающееся в том, что первые обычно привлекают внимание людей независимо от направления взгляда.

Однако несчастные случаи могут произойти на рабочем месте, если звуковые сигналы не воспринимаются из-за фонового шума. Использование средств индивидуальной защиты органов слуха также снижает уровень восприятия. Нередки случаи, когда звуковой сигнал трудно локализовать в пространстве, и он не вызывает у работника необходимости переместиться в нужном (безопасном) направлении. Зачастую он просто игнорируется, например, в случаях, когда сигнал срабатывает часто без наличия какой-либо реальной опасной ситуации.

В некоторых случаях сигналы заднего хода являются настолько громкими и раздражающими, что рабочие предпочитают отключать их.

Следовательно, необходимо обеспечить оптимальную конструкцию и регулировку звуковой сигнализации заднего хода, чтобы своевременно предупреждать рабочих, находящихся в зоне движения транспортных средств, при одновременном сокращении неприятных ощущений, связанных с создаваемым ей шумом.

**Материалы и результаты исследований.** Анализ результатов проведенных ранее исследований показал, что существуют следующие основные причины недостаточно эффективного использования звуковой сигнализации заднего хода грузовых автомобилей [8-14].

1. Слишком высокое значение отношения сигнал/шум. Данные исследований показывают, что звуковые сигналы заднего хода часто используются при уровнях громкости, слишком высоких по сравнению с фоновым шумом, что вызывает значительные неудобства как для рабочих, так и для жителей близлежащих районов. При этом не существует достаточно четких рекомендаций относительно выбора оптимального отношения сигнал/шум.

2. Неправильное размещение сигнализации на транспортных средствах. Установка сигнализации заднего хода на автомобили в большинстве случаев выполняется без учета акустических характеристик. Другими словами, сигнализация обычно устанавливается в неподходящих с акустической точки зрения местах. Часто это производится из практических соображений, например, чтобы облегчить техническое обслуживание или по другим причинам. Это может привести к снижению уровня безопасности работников. Однако четких указаний по оптимальной установке сигнализации на транспортных средствах в настоящее время не существует. Поэтому необходимо получить объективные данные о влиянии неправильного размещения сигнализации на безопасность труда.

3. Сложность локализации при одновременном срабатывании нескольких предупреждающих сигналов. На многих рабочих местах одновременно могут срабатывать несколько сигналов, что вызывает проблемы с их локализацией.

4. Сложность обнаружения сигналов при сосредоточении внимания работника на основной производственной задаче. В связи с вышеизложенным, целью исследования является минимизация риска несчастных случаев, связанных с наездом грузовых автомобилей на работников, путем анализа распространения звука, слышимости и локализации двух основных типов сигналов заднего хода (тональных и широкополосных) в различных производственных условиях.

В данной работе представлено решение следую-

щих задач, направленных на достижение поставленной цели:

1. Определить в лабораторных условиях оптимальные параметры двух основных типов сигналов заднего хода, обеспечивающие их адекватную слышимость.

2. Определить в лабораторных условиях оптимальное соотношение сигнал/шум для тональных и широкополосных сигналов, позволяющее работнику вовремя среагировать и переместиться в безопасное место.

**Результаты исследования.** Для обеспечения безопасности рабочих, находящихся в зоне движения транспортных средств, сигнализация заднего хода должна быть настроена на такое отношение сигнал/шум, которое не только позволяет людям адекватно слышать сигналы, но и вызывает реакцию (необходимость обернуться в сторону грузового автомобиля или покинуть опасную зону достаточно быстро, чтобы из-

бежать наезда) [15-17]. С другой стороны, сигнал не должен быть слишком громким, чтобы не вызывать чрезмерное раздражение и не причинять неудобства работающим вблизи транспортных средств. С учетом этого, оптимальное соотношение сигнал/шум определяется в данном исследовании как разница между уровнем громкости звука сигнала заднего хода и уровнем окружающего (фоновый) шума, которая вызывает чувство опасности, достаточное для того, чтобы вызвать необходимую реакцию.

С целью определения оптимальных параметров сигналов заднего хода были проведены лабораторные исследования порогов обнаружения и порогов реагирования.

Спектральный состав тональных и широкополосных сигналов заднего хода, использованных в данном исследовании, представлен на рисунке 1.

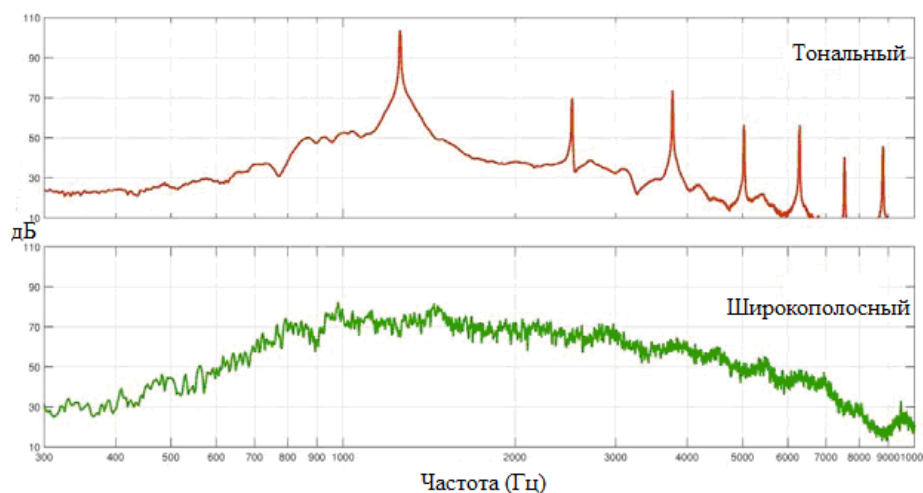


Рисунок 1 – Спектральный состав сигналов заднего хода

В процессе исследования с целью охвата большого спектра низких, средних и высоких частот были отобраны двенадцать видов фоновый шума. Они представляют собой реалистичные звуки, которые могут встречаться на производствах, где используются грузовые автомобили с сигнализацией заднего хода. В частности, использовались записи звуков дорожного движения, строительных площадок, карьеров, лесопилок, различных инструментов и оборудования.

В лабораторных исследованиях по измерению порогов обнаружения и реагирования приняли участие 24 человека (18 женщин и 6 мужчин) в возрасте от 18 до 33 лет, обладающие нормальной слуховой чувствительностью обоих ушей и нормальными тимпанограммами [18-20].

Экспериментальное исследование было направлено на определение оптимального отношения сигнал/шум с точки зрения возможности обнаружения и реагирования для двух типов сигналов заднего хода (тонального и широкополосного) в условиях двенадцати видов фоновый шума. Фоновые шумы транслировались участникам эксперимента в звукоизолированной кабине при уровне 80 дБА с помощью шести динамиков. Одновременно сигнал заднего хода подавался

через динамик, установленный сзади на расстоянии 1 м от участника.

При измерении порога обнаружения каждый участник эксперимента должен был отрегулировать уровень предупредительного сигнала до достижения порогового значения, то есть, до состояния, когда тот становился едва различимым. От начального надпорогового уровня (80 дБА) громкость сигнала снижалась с шагом 2 дБ до подпороговых уровней, а затем увеличивалась до достижения порога обнаружения.

Аналогичная процедура была проведена при измерении порога реагирования. Начальный уровень сигнала заднего хода был ниже (65 дБА). Задача участников состояла в том, чтобы отрегулировать его до уровня, при котором они чувствовали необходимость среагировать на звук, то есть, повернуться в сторону транспортного средства или покинуть опасную зону (зону, соответствующую траектории приближающегося автомобиля).

На рисунке 2 показаны средние для всех участников эксперимента пороги обнаружения, выраженные в отношении сигнал/шум (в дБ), для каждого из двенадцати видов фоновый шума. Для всех шумов средний порог обнаружения варьируется от -12,8 до -24,9 дБ

(среднее значение составляет -16,9 дБ) для тонального сигнала и от -10,5 до -21,5 дБ (в среднем -14,3 дБ) для широкополосного. Результаты позволяют констатиро-

вать, что сигналы заднего хода являются слышимыми при громкостях, значительно более низких, чем уровень фонового шума.

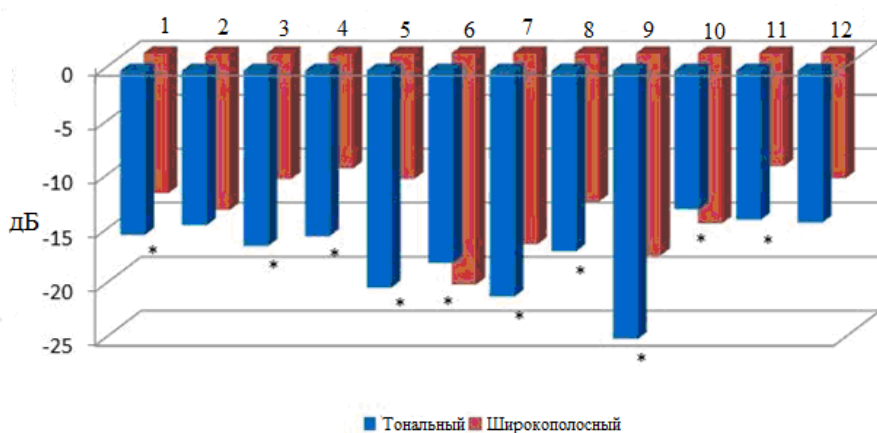


Рисунок 2 – Средние значения порогов обнаружения (в отношении сигнал/шум) для тонального и широкополосного сигналов заднего хода в присутствии различных типов фонового шума:

1 - известняковый карьер; 2 - меловой карьер; 3 - лесопилка 1; 4 - лесопилка 2; 5 - дрель; 6 - бульдозер; 7 - долото; 8 - промышленный нож; 9 - клепальный пресс; 10 - автодорога; 11 - строительная площадка; 12 - городская среда (звездочкой (\*) отмечены случаи, когда различия между отношениями сигнал/шум для тонального и широкополосного сигналов статистически значимы)

На рисунке 3 представлены результаты определения средних порогов реагирования (в отношении сигнал/шум). Для всех типов фонового шума средний порог реагирования варьируется от -0,4 до -4,2 дБ (среднее значение равно -1,7 дБ) для тонального сиг-

нала и от -0,6 до -4,3 дБ (среднее значение составило -2,3 дБ) для широкополосной сигнализации. Таким образом, сигнализация заднего хода вызывает реакцию при громкости, немного меньшей, чем фоновый шум.

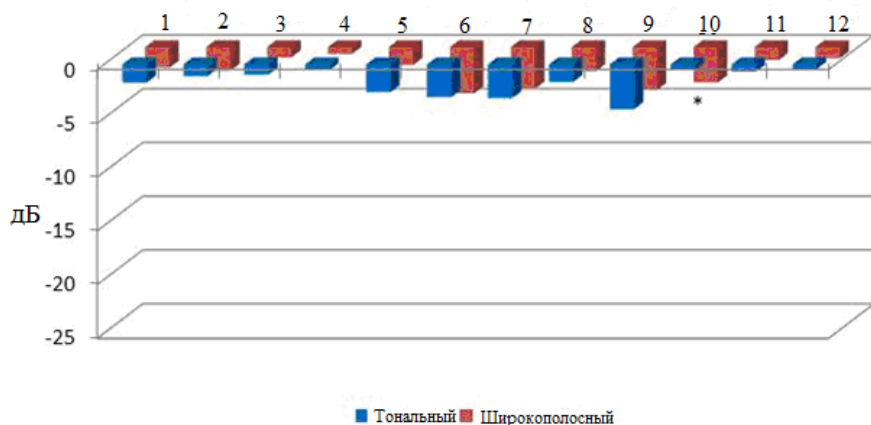


Рисунок 3 – Средние значения порогов реагирования (в отношении сигнал/шум) для тонального и широкополосного сигналов заднего хода в присутствии различных типов фонового шума:

1 - известняковый карьер; 2 - меловой карьер; 3 - лесопилка 1; 4 - лесопилка 2; 5 - дрель; 6 - бульдозер; 7 - долото; 8 - промышленный нож; 9 - клепальный пресс; 10 - автодорога; 11 - строительная площадка; 12 - городская среда (звездочкой (\*) отмечен случай, когда различие между отношениями сигнал/шум для тонального и широкополосного сигналов статистически значимо)

**Заключение.** Исследования показали, что пороги обнаружения сигналов заднего хода могут зависеть от спектральных и временных характеристик окружающего шума, при этом пороги реагирования менее чувствительны к указанным факторам.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что значение отношения сигнал/шум (разница между громкостью сигнала заднего хода и уровнем окружающего шума) равное 0 дБ будет оптимальным для того, чтобы рабочие могли легко различать предупрежда-

ющие сигналы и реагировать на них. Это значение позволяет настраивать сигнализацию заднего хода на уровни громкости, намного более низкие, чем это принято на многих рабочих местах, и, таким образом, ограничить вредное воздействие на окружающую среду.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Дмитриев М.С. Улучшение условий и охраны труда операторов зерноуборочных комбайнов за счет совершенствования механизмов регулирования рабочих органов



[Текст]. Дис. ...канд. техн. наук. – Челябинск, 2004. – 230 с.

2. Горшков Ю.Г., Дмитриев М.С., Старунова И.Н. Повышение эффективности транспортно-технологических процессов и улучшение условий труда работников АПК за счет инженерно-технических устройств [Текст] : монография / М. С. Дмитриев, Ю. Г. Горшков, И. Н. Старунова. – Челябинск: ЧГАА., 2010. – 291 с.

3. Горшков Ю.Г., Дмитриев М.С., Сушко Б.А. Оценка уровня безопасности труда операторов мобильных технологических и транспортных машин сельскохозяйственного назначения [Текст] / М. С. Дмитриев, Ю. Г. Горшков, Б. А. Сушко // Вестник науки Костанайского социально-технического университета. Материалы международной науч. – практ. конференции «Алдамжарские чтения» – Алдамжар, 2008 – С. 74–80.

4. Горшков Ю.Г., Дмитриев М.С., Потемкина Д.В. Улучшение условий труда и повышение безопасности водителей автомобилей сельскохозяйственного назначения [Текст] / М. С. Дмитриев, Ю. Г. Горшков, Д. В. Потемкина // Охрана труда и техника безопасности в сельском хозяйстве. – М., 2006 - №9 – С. 17–20.

5. Wilkins, P. A, Martin, A. M. The effects of hearing protectors on the perception of warning and indicator sounds: A general review. Southampton: University of Southampton, 1978.

6. Alali, K. A., Casali, J. G. (2011). The challenge of localizing vehicle backup alarms: Effects of passive and electronic hearing protectors, ambient noise level, and backup alarm spectral content. *Noise and Health*, 13(51), 99. doi: 10.4103/1463-1741.77202.

7. Alali, K., Casali, J. G. (2012). Auditory backup alarms: distance-at-first-detection via in-situ experimentation on alarm design and hearing protection effects. *Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation*, 41(supplement 1), 3599–3607.

8. Casali, J. G., Robinson, G. S., Dabney, E. C., Gauger, D. (2004). Effect of electronic ANR and conventional hearing protectors on vehicle backup alarm detection in noise. *Human Factors*, 46(1), 1-10.

9. Catchpole, K., Mckeown, D. (2007). A framework for the design of ambulance sirens. *Ergonomics*, 50(8), 1287-1301. doi:10.1080/00140130701318780.

10. CSA. (2014). Protecteurs auditifs : performances, sélection, entretien et utilisation. Norme CSAZ94.2-14. Ottawa, ON : CSA. Commission de la santé et de la sécurité du travail. (2011). *Revue de presse : le vendredi 9 septembre 2011*. Montréal, QC : CSST.

11. Giguère, C., Laroche, C., Osman, A., Zheng, Y. (2008). Optimal installation of audible warning systems in the noisy workplace. 9th International Congress on Noise as a Public Health Problem (ICBEN) (Mashantucket, CT. p. 197-204).

12. Homer, J. P. (2008). Audible warning devices used in the mining industry. INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings. Dearborn, MI (p. 678-688).

13. Lancaster, J. A., Alali, K., Casali, J. G. (2007). Interaction of vehicle speed and auditory detection of backup alarms AKA: Can the construction worker get out of the way? *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 51(20), 1421-1424. doi: 10.1177/154193120705102010.

14. Laroche, C., Ross, M.-J., Lefebvre, L., Larocque, R. (1995). Détermination des caractéristiques optimales des alarmes de recul. (Rapport no R-117). Montréal, QC: IRSST.

15. Lovejoy, S. M. (2008). Determination of backup alarm masked threshold in construction noise (Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA).

16. May, K. R., Walker, B. N. (2017). The effects of distractor sounds presented through bone conduction headphones on the localization of critical environmental sounds. *Applied Ergonomics*, 61, 144-158. doi:10.1016/j.apergo.2017.01.009.

17. McKinley, R. L. (2000). Communication and localization with hearing protectors. *Damage Risk from Impulse Noise*, Aberdeen, MD.

18. Цой Д.Д., Хилько Е.А., Арутюнян Т.В. и др. Изучение частоты слияния и верхнего порога слышимости методом аудиометрии [Текст] / Д.Д. Цой, Е.А. Хилько, Т.В. Арутюнян и др. // Актуальные вопросы биомедицинской инженерии. Материалы V Всероссийской научной конференции. Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.. 2015, Изд-во: Прондо. – С. 203–206.

19. Бобошко М.Ю., Бердникова И.П. и др. Психоакусти-

ческие методы в диагностике центральных нарушений слуха при сенсоневральной тугоухости [Текст] / М.Ю. Бобошко, И.П. Бердникова и др. // Российская отоларингология. – С-Пб., 2017 - №2 (87) – С. 9–6.

20. Глинов Д.В. Аудиометрические методы диагностики состояния слухового анализатора [Текст] / Д.В. Глинов, Д.П. Юсупов, Л.Ф. Добро // Современное состояние и приоритеты развития фундаментальных наук в регионах: труды X Всерос. науч. конф. молодых ученых и студентов: в 2 т. – Краснодар: Просвещение-Юг, 2013. – Т.1.- С. 36-38.

*Статья поступила в редакцию 18.05.2021*

*Статья принята к публикации 16.06.2021*