

УДК 331.452

DOI: 10.46548/21vek-2020-0952-0035

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ СЛУХА НА ВОСПРИЯТИЕ И ЛОКАЛИЗАЦИЮ СИГНАЛОВ ЗАДНЕГО ХОДА ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

© 2020

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, rudnevzv@cspu.ru)

Аннотация. Данная статья посвящена решению проблемы сокращения количества несчастных случаев, связанных с наездом на людей грузовых автомобилей при движении задним ходом. Снижение количества подобных несчастных случаев может быть достигнуто разработкой более рациональных и безопасных схем движения транспортных средств, сокращением или даже исключением их маневрирования задним ходом. Однако использование звуковой сигнализации заднего хода является обязательным на большинстве грузовых автомобилей и остается средством, широко используемым для предупреждения работающих в непосредственной близости от них. В реальных производственных условиях, связанных с повышенным уровнем шума, рабочие применяют средства индивидуальной защиты (СИЗ) органов слуха и другие защитные средства, например, каски. Такие средства индивидуальной защиты являются обязательными на многих рабочих местах, но их использование может вызвать проблемы с восприятием звуковых сигналов и, следовательно, снизить уровень безопасности работников. При этом вопросы влияния применения СИЗ на восприятие или локализацию тональных и широкополосных сигналов заднего хода грузовых автомобилей в настоящий момент недостаточно изучены. В связи с вышесказанным были проведены эксперименты по определению порогов обнаружения и реагирования, а также способности к локализации для двух типов сигналов заднего хода грузовых автомобилей при наличии фонового шума. Исследования осуществлялись при наличии и при отсутствии средств индивидуальной защиты органов слуха (противошумных наушников).

Ключевые слова: сигнал заднего хода, средства индивидуальной защиты органов слуха, уровень шума, порог обнаружения, порог реагирования, локализация.

RESEARCH OF THE INFLUENCE OF EQUIPMENT FOR PERSONAL HEARING PROTECTION ON THE TRUCKS REVERSE SIGNALS PERCEPTION AND LOCALIZATION

© 2020

Dmitriev Mikhail Sergeevich, doctor of engineering sciences, professor of the department

Khasanova Marina Leonidovna, candidate of engineering sciences,
associate professor, associate professor of the department

Rudnev Valery Valentinovich, candidate of engineering sciences, associate professor, head of the department
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, rudnevzv@cspu.ru)

Abstract. This paper is dedicated to solving the problem of reducing the number of accidents associated with collisions with trucks when reversing. Reducing the number of such accidents can be achieved by developing more rational and safer traffic patterns for vehicles, reducing or even eliminating their maneuvering in reverse. However, the use of audible reversing alarms is mandatory on most commercial vehicles and remains widely used to warn people working in their immediate vicinity. In real working conditions with increased noise levels, workers use equipment for personal hearing protection and other personal protective equipment (PPE), such as helmets. Such personal protective equipment is mandatory in many workplaces, but their use can cause problems with the perception of audible signals and therefore reduce the workers safety level. At the same time, the issues of the influence of the use of PPE on the perception or localization of trucks' tonal and broadband reverse signals are currently insufficiently studied. In connection with the above, experiments were carried out to determine the detection and reaction thresholds and the localization ability for the two types of truck reverse signals in the presence of background noise. The studies were carried out in the presence and in the absence of equipment for personal hearing protection (ear muffs).

Keywords: reverse signal, personal protective equipment, noise level, detection threshold, reaction threshold, localization.

Введение. Несмотря на то, что большинство крупногабаритных транспортных средств оснащено сигнализацией заднего хода, ежегодно в нашей стране регистрируются несчастные случаи (в том числе и со смертельным исходом), связанные с наездом грузовых автомобилей на работников. Это происходит во многих сферах деятельности (строительство, транспорт, горнодобывающая промышленность, коммунальное хозяйство, агропромышленный комплекс и др.) [1-4].

Снижение количества подобных несчастных случаев может быть достигнуто разработкой более рациональных и безопасных схем движения транспортных средств, сокращением или даже исключением их маневрирования задним ходом. Однако использование звуковой сигнализации заднего хода является обязательным на большинстве грузовых автомобилей и остается средством, широко используемым для предупреждения работающих в непосредственной близости от них.

При этом работникам часто приходится выполнять несколько задач одновременно, сохраняя бдительность в отношении потенциальных источников опасности (например, движущихся транспортных средств). В таких условиях они не могут направить все свое внимание на восприятие, идентификацию, распознавание и локализацию сигналов заднего хода.

Проведенные ранее исследования [5] доказали, что сосредоточение работников на выполнении производственных задач оказывает негативное влияние на восприятие звуковой сигнализации.

Кроме того, в реальных производственных условиях, связанных с повышенным уровнем шума, рабочие применяют средства индивидуальной защиты органов слуха и другие защитные средства, например, каски. Такие средства индивидуальной защиты являются обязательными на многих рабочих местах, но их использование может вызвать проблемы с восприятием звуковых сигналов и, следовательно, снизить уровень безопасности работников.

Материалы исследования. В зарубежных работах [6-17] представлены исследования, показавшие эффективность в плане обеспечения безопасности работников, выполняющих задачи вблизи движущихся грузовых автомобилей, как тональных, так и широкополосных сигналов заднего хода. При этом учитывались все источники шума, присутствующие в производственной среде (а не только шум от работающего автомобильного двигателя). Однако полученные результаты справедливы только применительно к людям, обладающим нормальным слухом, не использующим средства индивидуальной защиты органов слуха, которые могут повлиять на восприятие звукового сигнала. Что же касается защитной каски, которую очень часто носят работающие в зонах передвижения грузовых транспортных средств (например, строительные площадки), то ее влияние на восприятие или локализацию источников звука в настоящее время практически не изучено.

В связи с вышесказанным, **целью** данного ис-

следования является снижение риска возникновения несчастных случаев, связанных с наездом на людей грузовых автомобилей при движении задним ходом, путем выявления степени влияния применения различных средств индивидуальной защиты на восприятие и локализацию сигналов заднего хода двух основных типов (тональных и широкополосных).

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие основные задачи.

1. Определить в лабораторных условиях оптимальное соотношение сигнал/шум, позволяющее достичь адекватной слышимости двух основных типов сигналов заднего хода при ношении средств защиты органов слуха.

2. Оценить в лабораторных условиях возможность локализации предупреждающего сигнала (тонального или широкополосного) в ходе выполнения какой-либо заранее установленной производственной задачи при использовании средств индивидуальной защиты.

Результаты исследования. Для обеспечения безопасности работающих в зоне движения грузовых автомобилей сигнализация заднего хода должна быть отрегулирована таким образом, чтобы отношение сигнал/шум позволяло не только услышать сигнал, но и вызвать реакцию, заставить рабочего повернуться к машине или покинуть опасную зону, чтобы избежать наезда.

В ходе экспериментальных исследований применялись защитные наушники противозумные *Peltor Optime 95* с шумоподавлением 21 дБ.

В исследованиях приняли участие в общей сложности 48 человек (44 женщины и 4 мужчин) в возрасте от 22 до 43 лет.

Все участники соответствовали следующим критериям отбора:

- 1) нормальная слуховая чувствительность обоих ушей,
- 2) наличие нормальных тимпанограмм.

Чтобы убедиться, что участники соответствуют указанным критериям, проводилось исследование наружного слухового прохода и барабанной перепонки с помощью отоскопа *Welch Allyn*. Кроме того, осуществлялась оценка функции среднего уха с использованием тимпанометра *GSI 38* [18]. Наконец, проверка слуха проводилась с помощью портативного аудиометра *Interacoustics AD25* с наушниками *Telephonics TDH-39P* [19, 20]. В ходе этого исследования через наушники транслировались звуки разных частот (от 250 до 8000 Гц), при этом участники должны были нажать на кнопку, как только они услышали звук.

Затем, проводились измерения порогов обнаружения и реагирования для двух типов сигналов заднего хода грузовых автомобилей при наличии фонового шума, уровень которого составлял 80 дБА. Замеры осуществлялись при наличии и при отсутствии средств индивидуальной защиты органов слуха (противозумных наушников). В исследовании применялись шесть типов промышленного шума (известняковый карьер, лесопилка, дрель, долото, промышленный

нож и строительная площадка).

Таким образом, для каждого участника исследования всего было измерено 48 пороговых значений обнаружения и столько же – реагирования (6 типов шума 2 типа сигнала заднего хода 2 состояния защиты органов слуха (без использования СИЗ и с его использованием) 2 повторения измерения).

Участники должны были увеличивать или уменьшать уровень сигнала с шагом 2 дБ, пока тот не становился едва слышным (порог обнаружения) или достаточно сильным, чтобы немедленно привлечь внимание или заставить покинуть опасную зону (порог реагирования).

В ходе выполнения этих задач участникам экс-

перимента было предложено представить себя на рабочем месте с повышенным уровнем шума. Для определения порога обнаружения участники должны были устанавливать сигнал на самый низкий уровень, который был едва различимым (слышимым). С целью измерения порога реагирования участникам было необходимо отрегулировать сигнал так, чтобы он вызвал чувство опасности, достаточное, чтобы среагировать и повернуться к транспортному средству или переместиться из опасной зоны.

На рисунке 1 показаны средние для всех участников экспериментального исследования пороги обнаружения и реагирования, выраженные в отношении сигнал/шум (в дБ).

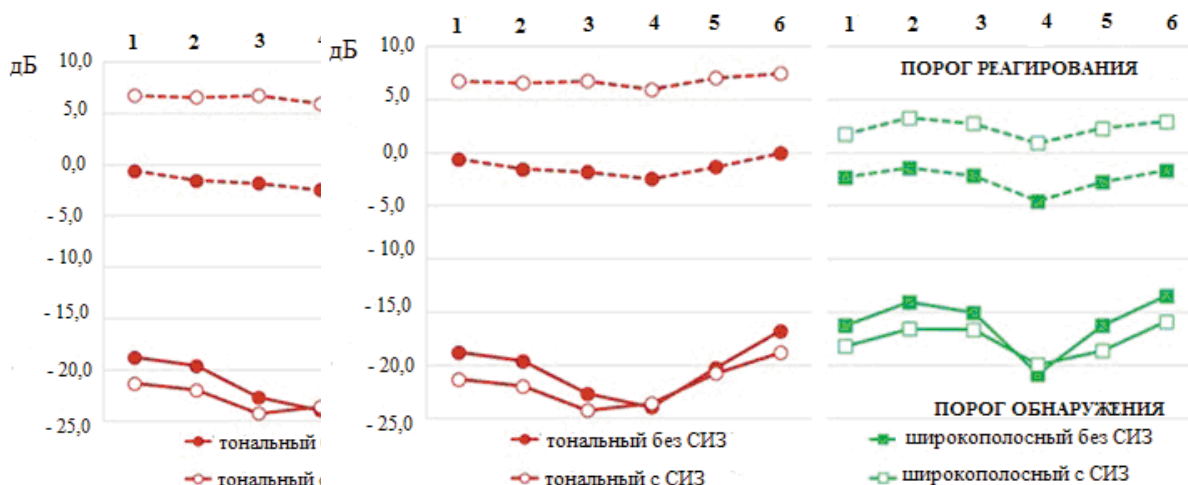


Рисунок 1 – Средние пороговые значения обнаружения и реагирования для тонального и широкополосного сигналов заднего хода в присутствии различных типов производственного шума:

1 - известняковый карьер; 2 – лесопилка; 3 – дрель; 4 – долото; 5- промышленный нож; 6 - строительная площадка

С целью определения влияния различных факторов и их взаимодействия был проведен статистический анализ результатов.

Без средств защиты органов слуха сигналы заднего хода отчетливо слышны при громкости ниже уровня фонового шума. Пороговые значения обнаружения также зависят от типа сигнала (тональный или широкополосный), а также от временных и спектральных характеристик фонового шума. Пороги реагирования приближаются к уровню шума и гораздо менее зависят от типа сигнала заднего хода автомобиля и типа шума.

Как показывают результаты экспериментальных исследований, пороговые значения обнаружения сигнала при использовании средств индивидуальной защиты оказались практически такими же, как при отсутствии указанных средств (разница составляет менее 2 дБ). Пороговые значения реагирования без средств защиты, напротив, значительно ниже, чем при использовании СИЗ (наушников).

Следует также отметить, что в обоих случаях (с применением СИЗ и без их применения) порог реагирования в большей степени изменялся в зависимости от личности участника эксперимента, чем порог об-

наружения. Это, очевидно, объясняется тем, что все участники обладали нормальным слухом (примерно одинаковым). При этом на пороговые значения реагирования в большей степени сказались такие индивидуальные особенности, как скорость реакции и т.п.

Серия экспериментов также была проведена с целью определения влияния рассматриваемых факторов на локализацию сигнала заднего хода. Результаты показали, что локализация звука была более точной при использовании широкополосного сигнала. Количество ошибок в целом при локализации сигнала этого типа оказалось примерно на 28 % меньше, чем при применении тональной сигнализации. Использование же СИЗ органов слуха повысило количество ошибок в среднем на 15 % (для сигналов обоих типов).

Вывод. Таким образом, исследование показало, что без средств индивидуальной защиты порог обнаружения значительно ниже, чем фоновый шум (среднее отношение сигнал/шум составляет - 21 дБ для тонального сигнала заднего хода и - 16 дБ для широкополосного). В то же время порог реагирования примерно на 4 дБ ниже уровня фонового шума. Порог реагирования зависит от типа шума и типа сигнала в меньшей степени, чем порог обнаружения.

Использование СИЗ незначительно влияет на порог обнаружения, но заметно повышает порог реагирования. Кроме того применение защитных средств снижает способность работников к локализации сигнала.

Было выявлено, что в целом использование широкополосной сигнализации более предпочтительно с точки зрения обеспечения безопасности работающих в зоне движения грузовых автомобилей.

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. Психоакустические 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 15.08.2020

Статья принята к публикации 14.09.2020