

Гарашко В.В.

студент

2 курс, факультет «Промышленное и гражданское строительство»

Донской государственный технический университет

Россия, г. Ростов-на-Дону

Белецкая Д.А.

студент

1 курс, факультет «Безопасность жизнедеятельности и инженерная

экология»

Донской государственный технический университет

Россия, г. Ростов-на-Дону

АВАРИЙНЫЕ РИСКИ ПРИ ЗАБИВКЕ ШПУНТА И СПОСОБЫ ИХ МИНИМИЗАЦИИ В КОНТЕКСТЕ ОХРАНЫ ТРУДА

Аннотация: В статье рассматриваются аварийные риски, возникающие при забивке шпунта, с акцентом на вопросы охраны труда. Анализируются основные факторы, влияющие на безопасность рабочих, включая вибрационные и шумовые нагрузки, вероятность обрушения шпунтовых стенок, а также негативные последствия для здоровья. Рассматриваются современные методы минимизации рисков, такие как применение гидравлического вдавливания, мониторинг состояния окружающей среды, механизация работ и организация безопасных условий труда. Приведены таблицы, схемы и рисунки, иллюстрирующие основные аспекты охраны труда при забивке шпунта.

Ключевые слова: шпунт, охрана труда, аварийные риски, забивка шпунта, безопасность, минимизация рисков.

Abstract: The article discusses the emergency risks that arise when hammering a tongue and groove, with an emphasis on occupational safety issues.

The main factors affecting the safety of workers are analyzed, including vibration and noise loads, the likelihood of sheet pile collapse, as well as negative health consequences. Modern methods of minimizing risks are considered, such as the use of hydraulic indentation, environmental monitoring, mechanization of work and the organization of safe working conditions. Tables, diagrams and figures illustrating the main aspects of labor protection in sheet piling are given.

Keywords: *sheet piling, occupational safety, emergency risks, sheet piling, safety, risk minimization.*

Введение

Забивка шпунта представляет собой сложный строительный процесс, сопровождающийся значительными физическими нагрузками на работников, воздействием вибрации, шума и другими неблагоприятными факторами, влияющими на условия труда. Несоблюдение правил охраны труда может привести к профессиональным заболеваниям, травмам и аварийным ситуациям.

Цель исследования – анализ аварийных рисков при забивке шпунта и разработка мероприятий по их минимизации с точки зрения охраны труда.

Задачи исследования:

- Определить основные факторы, влияющие на безопасность труда при забивке шпунта.
- Проанализировать современные технологии и методы защиты работников.
- Разработать рекомендации по обеспечению безопасных условий труда.

Основная часть

1. Основные аварийные риски в контексте охраны труда

1.1 Вибрационные и шумовые нагрузки

Работники, занятые на забивке шпунта, подвергаются воздействию интенсивных вибраций и шума, что может привести к профессиональным заболеваниям. Вибрационные нагрузки вызывают развитие вибрационной болезни, а шум выше 85 дБ способен спровоцировать снижение слуха и нервные расстройства [1, с. 5-7].

Согласно [1] и международному стандарту ISO 2631, различают два основных типа вибрационного воздействия:

- Общая вибрация, передающаяся через опорные поверхности тела (пол, сиденье);
- Локальная вибрация, воздействующая через руки при работе с инструментом.

Наиболее частые последствия длительного воздействия вибрации:

- Нарушения периферического кровообращения (синдром белых пальцев).
- Повышенная утомляемость и снижение координации.
- Развитие вибрационной болезни.
- Повреждение суставов, сухожилий и межпозвоночных дисков.

Влияние шума.

Шумовая нагрузка на строительной площадке часто превышает 85 дБ, что является предельно допустимым уровнем по санитарным нормам. Шум свыше 90 дБ:

- Нарушает слуховые рецепторы.
- Повышает уровень стресса и тревожности.
- Ухудшает внимание и когнитивные функции, особенно при длительном воздействии.



Рисунок 1 – Распространение вибрационных волн при забивке шпунта
(рисунок автора)

Для оценки влияния вибрации представим данные об ориентировочных допустимых уровнях воздействия в таблице 1.

Таблица 1.

Ориентировочное влияние вибрации на работников

Уровень вибрации (м/с ²)	Максимальная длительность воздействия (ч)	Возможные последствия
1,5	8	Незначительные нарушения
2,5	4	Повышенная утомляемость, головные боли
5,0	1	Развитие хронических заболеваний

Таким образом, необходимо применять средства защиты от вибрации и шума, а также контролировать продолжительность смен, чтобы минимизировать негативное влияние данных факторов. Наибольшая опасность вибрационного воздействия заключается в его кумулятивном эффекте, который проявляется даже при допустимых кратковременных уровнях вибрации.

2.2 Опасность обрушения шпунтовых стенок

Обрушение шпунтовых конструкций может привести к серьезным травмам или гибели работников. Основные причины:

- Ошибки в проектировании.
- Неправильный выбор типа шпунта.
- Недостаточный контроль за забивкой.

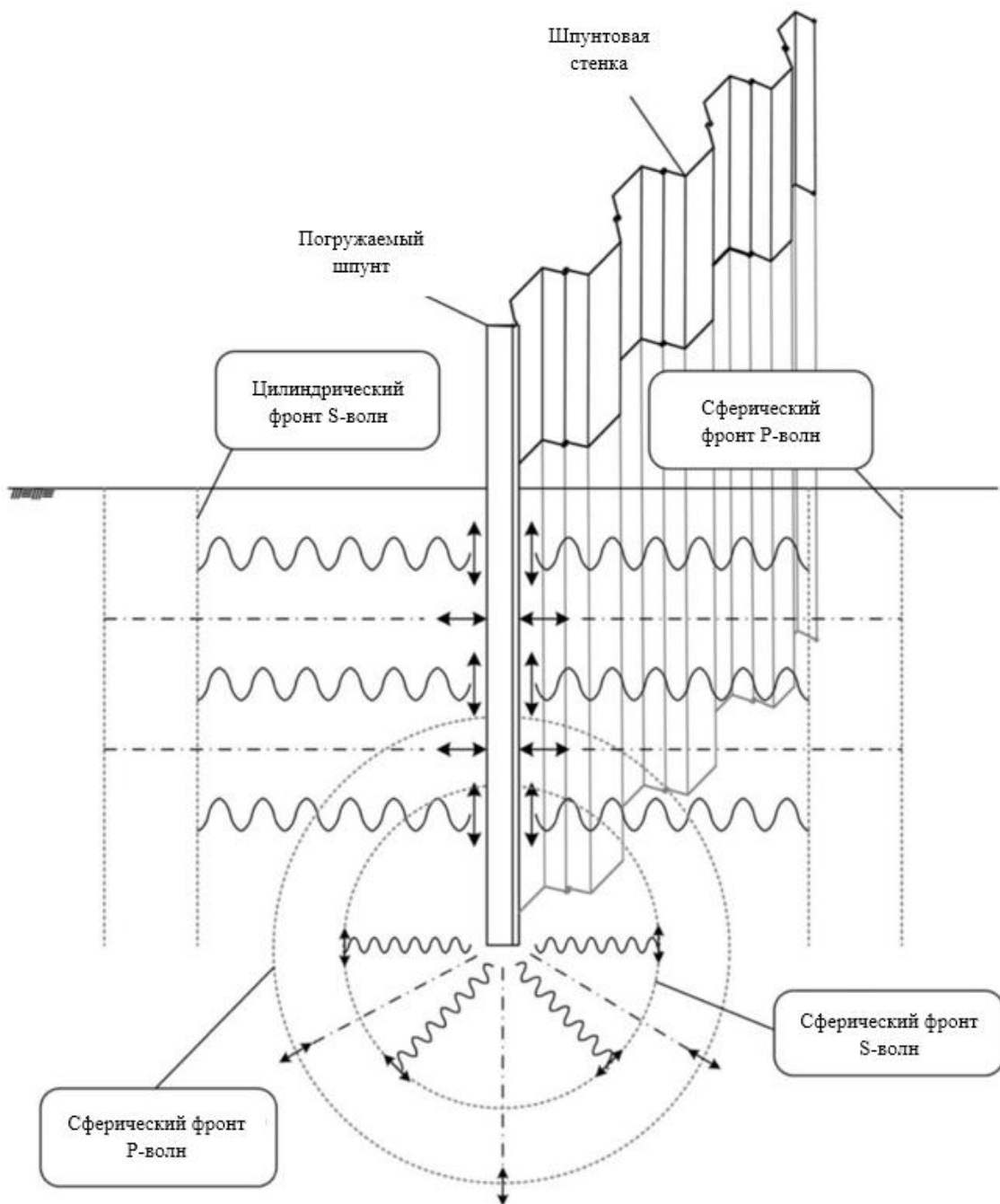


Рисунок 2 – Распространение вибрационных волн при забивке шпунта и их влияние на устойчивость шпунтовых стенок [2, с. 2865-2867]

Вибрационные нагрузки, возникающие при забивке шпунта, могут приводить к перераспределению напряжений в грунте, особенно в слабых и насыщенных водой слоях. Это способствует снижению несущей способности основания, увеличению бокового давления на шпунтовые конструкции и, в конечном итоге, их деформации или обрушению.

Как показано на рисунке 2, в процессе вибропогружения шпунта в почве распространяются продольные (Р-волны) и поперечные (S-волны) колебания. В ближней зоне (до 10-15 м от источника) воздействие вибрации наиболее интенсивно, что может вызывать смещение шпунтовых элементов и нарушение устойчивости конструкции. На больших расстояниях влияние вибрации уменьшается, однако в условиях слабого грунта или при наличии подземных водоносных слоев резонансные эффекты могут сохраняться.

Для предотвращения аварий важно учитывать характеристики вибрационного воздействия при проектировании шпунтовых стенок, проводить геотехнические исследования и использовать системы мониторинга устойчивости конструкций.

Особенно опасны динамические эффекты вибропогружения, способные вызвать пластическое разжижение грунта и снижение его несущей способности.

2.3 Психофизиологическая нагрузка

Продолжительная работа в условиях шума и вибрации, необходимость высокой концентрации внимания и повышенный уровень ответственности могут привести к снижению работоспособности и риску несчастных случаев.

Вибрационные нагрузки могут вызывать нарушения вегетативной нервной системы, что приводит к:

- Повышенной утомляемости;
- Головным болям;
- Нарушениям кровообращения;
- Дисфункции вестибулярного аппарата.

Длительное воздействие вибрации может также усугублять хронические заболевания сердечно-сосудистой системы и опорно-двигательного аппарата.

Работа в условиях высокой шумовой и вибрационной нагрузки провоцирует:

- Повышенный уровень стресса;
- Снижение концентрации внимания;
- Раздражительность и нарушения сна;
- Повышенный риск депрессии.

Согласно исследованиям Jafari et al. (2019) и Zhang et al. (2024), воздействие шума выше 85 дБ приводит к снижению когнитивных функций, ухудшает концентрацию и повышает риск ошибок на рабочем месте [3, с. 2927; 4, с. 5].

Ключевые факторы, влияющие на уровень психофизиологической нагрузки:

1. Интенсивность вибрации – высокочастотные колебания (от 10 до 100 Гц) вызывают более выраженные физиологические нарушения.
2. Продолжительность смены – при превышении 6-часового рабочего времени без перерывов растет риск психофизиологического истощения.
3. Индивидуальная предрасположенность – работники с сердечно-сосудистыми заболеваниями более подвержены негативному влиянию вибрации.

Для снижения отрицательного воздействия психофизиологических факторов рекомендуется:

- Организация режима труда – сокращение продолжительности смен в условиях высокой вибрационной нагрузки (например, до 6 часов).
- Использование средств индивидуальной защиты – применение антивибрационных перчаток и шумопоглощающих наушников.
- Чередование видов деятельности – смена задач каждые 2-3 часа для предотвращения психоэмоционального истощения.

– Психологическая поддержка работников – внедрение программ психологической разгрузки (короткие перерывы, гимнастика, тренинги по стресс-менеджменту).

Таблица 2.

Рекомендации по снижению психофизиологической нагрузки

Фактор риска	Последствия	Методы минимизации
Высокий уровень шума (>85 дБ)	Нарушение слуха, стресс	Защитные наушники, акустические экраны
Интенсивная вибрация (>2 м/с ²)	Развитие вибрационной болезни	Антивибрационные инструменты, перерывы
Длительная концентрация внимания	Утомляемость, снижение точности работы	Автоматизация процессов, чередование задач
Дефицит отдыха	Повышенный риск ошибок и травм	Организация сменности, психологическая поддержка

3. Способы минимизации рисков в охране труда

3.1. Применение современных технологий

Современные методы снижения рисков включают:

- Гидравлическое вдавливание шпунта – снижает вибрационные нагрузки.
- Вибропогружатели с шумоподавлением – уменьшают уровень шума.
- Автоматизация процессов – снижает физическую нагрузку на работников.

Для системного анализа рисков и выбора оптимальных методов минимизации следует учитывать взаимосвязь между факторами, потенциальными последствиями и эффективными мерами защиты. В таблице 3 представлена классификация основных рисков и способов их минимизации.

Таблица 3.

Факторы риска и методы их минимизации

Фактор риска	Последствия	Методы минимизации
Вибрационные и шумовые нагрузки	Развитие вибрационной болезни, потеря слуха	Антивибрационные перчатки, наушники, снижение времени работы, гидроизоляция рабочих мест
Опасность обрушения шпунтовых стенок	Травмы и гибель работников	Геотехнические исследования, контроль за забивкой шпунта
Психофизиологическая нагрузка	Снижение концентрации, повышенный риск несчастных случаев	Организация сменности, психологическая поддержка работников
Несоблюдение технологий	Ускоренный износ оборудования, снижение безопасности	Применение современных технологий, автоматизация
Отсутствие мониторинга состояния	Невозможность оперативного реагирования на критические изменения	Использование датчиков мониторинга, цифровая аналитика

Как видно из представленных данных, наиболее эффективными методами защиты являются комплексный мониторинг, механизация процессов и использование современных технологий. Применение этих мер в сочетании с правильной организацией труда позволяет значительно снизить вероятность аварийных ситуаций и негативных последствий для здоровья работников.

3.2. Организация безопасных условий труда

Обеспечение безопасных условий труда при забивке шпунта требует комплексного подхода, включающего применение индивидуальных и коллективных средств защиты, совершенствование технологий погружения шпунтов, а также реализацию организационно-управленческих мероприятий.

Индивидуальная защита.

Для снижения воздействия вредных производственных факторов на работников используются индивидуальные средства защиты:

– Антивибрационные перчатки и специализированные рукоятки инструментов позволяют снизить передачу механических колебаний от оборудования к кистям рук, предотвращая развитие вибрационной болезни [5, с. 263].

– Шумозащитные наушники или вкладыши обеспечивают снижение уровня шума, тем самым защищая органы слуха и уменьшая психоэмоциональную нагрузку.

Технологические решения.

Современные технологии позволяют снизить уровень физического и акустического воздействия:

– Гидравлическое вдавливание шпунтов применяется как альтернатива традиционной ударной или вибрационной забивке. Этот метод

существенно снижает уровень вибрации и шума, воздействующих на окружающую среду и персонал.

– Вибропогружатели с системами шумоподавления оснащаются амортизирующими и звукоизолирующими модулями, что позволяет уменьшить акустическое давление в рабочей зоне и прилегающих территориях.

Организационные мероприятия.

Организация режима труда играет ключевую роль в профилактике профессиональных заболеваний:

– Введение регламентированных перерывов в работе с повышенной вибро- и шумонагрузкой позволяет снизить утомляемость и риск хронических нарушений.

– Чередование задач в течение рабочей смены способствует уменьшению монотонности и концентрации воздействия вредных факторов на один и тот же орган или систему.

– Ограничение продолжительности смен в условиях повышенного риска обеспечивает физиологически безопасную нагрузку на организм работника.

– Системы мониторинга окружающей среды (датчики вибрации, шумомеры, пылеметры) позволяют в реальном времени отслеживать параметры среды и оперативно реагировать на превышение допустимых значений.

3.3. Системы мониторинга безопасности

Для контроля за соблюдением мер безопасности применяются:

– Геодезический мониторинг – контроль устойчивости шпунтовых стенок.

– Акустический мониторинг – измерение уровня шума.

– Гидрогеологические исследования – анализ подвижек грунта, и прочие элементы.

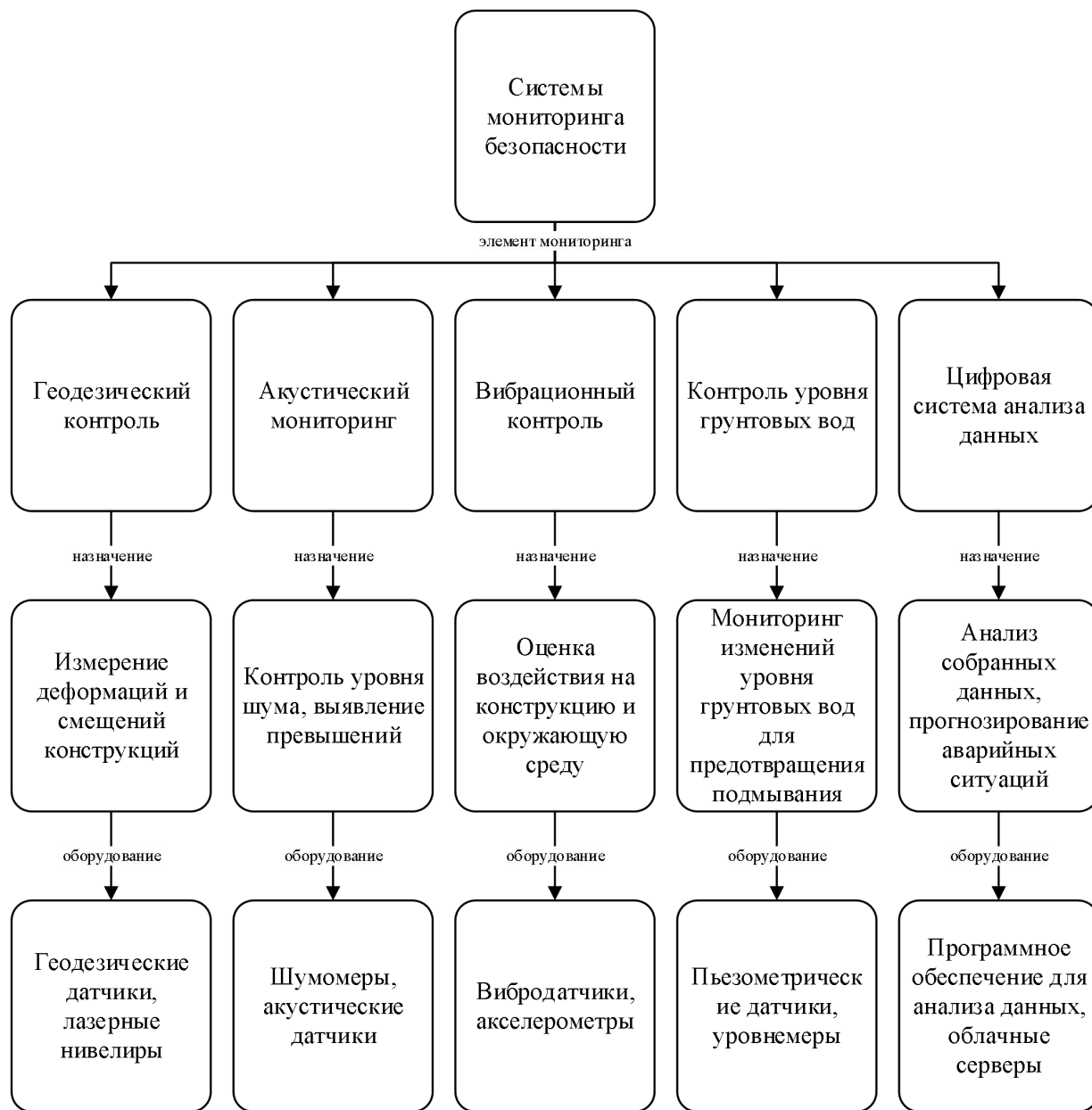


Схема 1 – Организация системы мониторинга безопасности на строительной площадке (схема автора)

Для эффективного контроля за безопасностью строительной площадки необходимо расположить датчики и контрольные точки в ключевых зонах. Размещение оборудования производится в соответствии с анализом рисков и спецификой строительных работ.

Основные элементы системы мониторинга включают:

- Геодезический контроль:
 - Устанавливаются геодезические датчики и лазерные нивелиры в местах возможных деформаций шпунтовых стенок.
 - Контрольные точки размещаются вдоль шпунтовой стенки и в прилегающих участках для своевременного выявления смещений.
- Акустический мониторинг:
 - Шумомеры и акустические датчики располагаются в зонах с высокой интенсивностью шумового воздействия.
 - Контрольные точки фиксируются рядом с рабочими местами для оценки уровня шума.
- Вибрационный контроль:
 - Вибродатчики размещаются на шпунтовых элементах, а также на фундаменте соседних зданий.
 - Контрольные точки определяются с учетом распространения вибрационных волн и чувствительности окружающих объектов.
- Контроль уровня грунтовых вод:
 - Пьезометрические датчики устанавливаются вблизи шпунтовой стенки и в грунте на разных глубинах.
 - Контрольные точки определяются с учетом гидрогеологических условий.
- Цифровая система анализа данных:
 - Все собранные данные поступают на сервер и обрабатываются программным обеспечением.
 - Контрольный центр находится на площадке или в удаленном режиме с доступом к цифровым аналитическим инструментам.

Заключение

В ходе исследования выявлены основные аварийные риски при забивке шпунта, оказывающие влияние на охрану труда. Рассмотрены методы их минимизации, включая механизацию, применение средств защиты и организационные меры. Реализация данных решений позволит существенно снизить вероятность травм и профессиональных заболеваний среди работников.

Таким образом, комплексное применение современных технологий вибропогружения, мониторинга состояния конструкций и охраны труда позволяет не только снизить аварийные риски, но и повысить общую эффективность строительных процессов.

Список литературы

1. ГОСТ 12.1.012-2004. Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования. Утвержден приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12 декабря 2007 г. N 362-ст. – Москва: Стандартинформ, 2004. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/44030/>. (Дата обращения 21.03.2025).
2. Fanny Deckner, Kenneth Viking, Staffan Hintze. Wave Patterns in the Ground: Case Studies Related to Vibratory Sheet Pile Driving // Geotech Geol Eng. – 2017. – №35. – С. 2863–2878. URL: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10706-017-0285-x.pdf>. (Дата обращения 21.03.2025).
3. Mohammad Javad Jafari, Reza Khosrowabadi, Soheila Khodakarim, Farough Mohammadian. The Effect of Noise Exposure on Cognitive Performance and Brain Activity Patterns // Maced J Med Sci. – 2019. – №17. – С. 2924–2931. (Дата обращения 21.03.2025).

4. Jie Zhang, Liping Pang, Chenyuan Yang, Yurong Fan, Bingxu Zhao, Xiaodong Cao. Experimental Evaluation of Noise Exposure Effects on Subjective Perceptions and Cognitive Performance // Buildings. – 2024. – №4. – С. 1100. URL: <https://www.mdpi.com/2075-5309/14/4/1100>. (Дата обращения 21.03.2025).
5. Massimo Bovenzi. A longitudinal study of vibration white finger, cold response of digital arteries, and measures of daily vibration exposure // Int Arch Occup Environ Health. – 2010. – №83. – С. 259-72. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19730875/>. (Дата обращения 21.03.2025).