

УДК 628.517.2

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И АДАПТИВНОГО
СНИЖЕНИЯ ШУМА**

Хатыпова Д.Р.,

студент,

ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ,

Россия, Пермь

Кочинов Ю.А.,

к.т.н., доцент,

ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ,

Россия, Пермь

Аннотация

В статье приведены параметры и виды рисковых воздействий производственного шума на здоровье работников в различных отраслях промышленности, проведен анализ существующих методов защиты, обоснована концепция адаптивной системы защиты. Установлен социально-экономический эффект, заключающийся в росте производительности труда, в снижении риска возникновения заболеваний, затрат на компенсации и страховые взносы.

Ключевые слова: производственный шум, риск, защита от шума, адаптивная система, социально-экономический эффект.

***DEVELOPMENT OF A MONITORING AND ADAPTIVE NOISE
REDUCTION SYSTEM***

Khatypova D.R.,

student,

FSBEI HE Perm State Agricultural Academy,

Russia, Perm

Kochinov Yu.A.,
Ph.D., Associate Professor,
FSBEI HE Perm State Agricultural Academy,
Russia, Perm

Abstract

The article presents the parameters and types of risk effects of industrial noise on the health of workers in various industries, analyzes the existing methods of protection, substantiates the concept of an adaptive protection system. The socio-economic effect is established, which consists in increasing labor productivity, reducing the risk of diseases, costs for compensation and insurance premiums.

Keywords: industrial noise, risk, noise protection, adaptive system, socio-economic effect.

Производственный шум представляет значимую угрозу для здоровья работников и эффективности трудовой деятельности. Доля работающих в России под воздействием шума в совокупности с инфразвуком и ультразвуком составила в 2024 году 18,9%, при этом в сравнении с 2015 годом произошел рост значения показателя на 6,8 процента. Одновременно значение показателя «удельный вес численности работников, занятых на работе с вредными и (или) опасными условиями труда», объединяющего все негативные факторы производства, снизилось за указанный интервал на 10,7 процента (рисунок). Несмотря на принимаемые на всех уровнях организационные и технические меры по снижению уровней шума и профилактики, профессиональные заболевания органа слуха от воздействия производственного шума не имеют тенденции к снижению [5].

В Российской Федерации установлены гигиенические нормативы на значения всех вредных и опасных производственных факторов. Согласно

СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» значение эквивалентного уровня звука на рабочем месте не должно превышать 80 дБА.

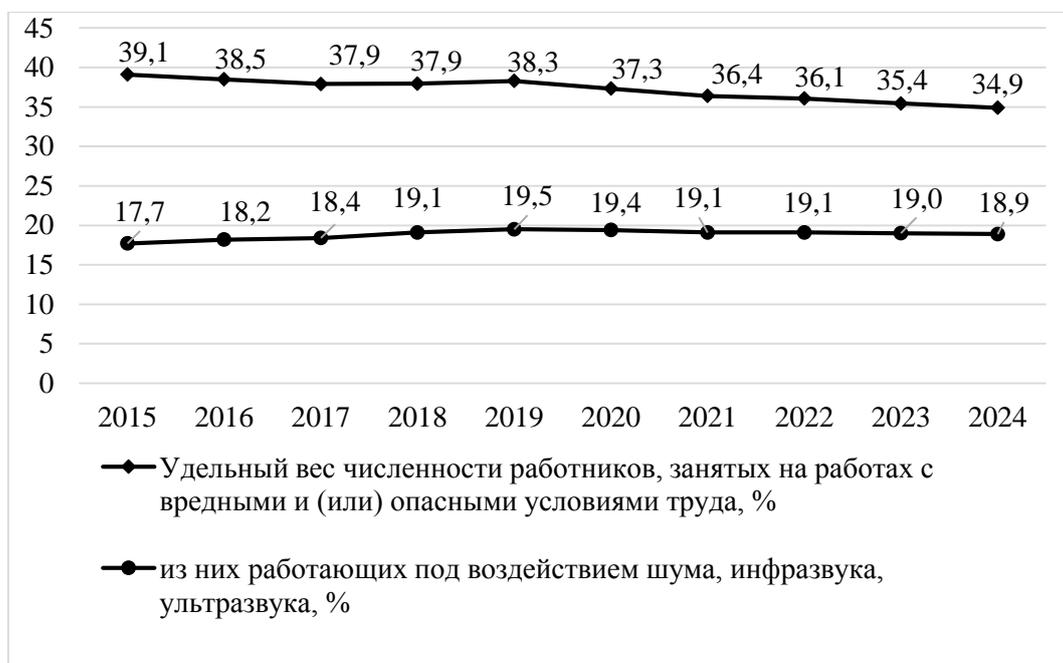


Рис. - Динамика изменения показателей условий труда в РФ,
составлено авторами по [6]

Длительное воздействие шума, превышающего установленные гигиенические нормативы, является фактором риска развития профессиональной нейросенсорной тугоухости, патологий сердечно-сосудистой и нервной системы. Шум также снижает концентрацию внимания, увеличивает вероятность ошибок и способствует профессиональному выгоранию, снижая производительность труда. Нарушение слуха часто является причиной ограничений в профессиональной деятельности. Так, в 85 % причиной недопуска членов летных экипажей к работе является нейросенсорная тугоухость [5].

Сравнительный анализ данных об уровне производственного шума и его взаимосвязи с состоянием здоровья работающих позволил установить отраслевые особенности шумового воздействия на предприятиях некоторых отраслей промышленности (таблица).

При проведении анализа было выявлено, что традиционные методы защиты, такие как разработка шумобезопасной техники, звукоизоляция, звукопоглощение, демпфирование и применение индивидуальных средств защиты органов слуха (наушники, беруши) являются пассивными. Они показывают низкую эффективность в условиях современного динамичного производства, где шумовые режимы имеют колеблющийся во времени, прерывистый и импульсный характер [1].

Таблица – Характеристика шумового воздействия, составлено авторами по [4,5]

Отрасль производства	Характеристика шума	Риск воздействия на организм человека
Металло-обработка и машиностроение	Преобладает низкочастотный гул (63-250 Гц) от тяжелого оборудования, сопровождаемый кратковременными импульсами звука до 110-115 дБА. Эквивалентный уровень звука нестабилен, $L_{eq}=85-102$ дБА.	Имеется вероятность совместного воздействия звуковых импульсов и вибрации, что приводит, кроме развития нейросенсорной тугоухости, также к нарушениям нервной регуляции сердца и нейрогормональной регуляции.
Химическое производство	Присутствует постоянный шум низких и средних частот с тональными компонентами от роторного и турбинного оборудования, насосов, вентиляторов ($L_{eq}=85-90$ дБА).	Тональный шум усиливает раздражение и стресс, а низкие частоты плохо блокируются стандартными средствами защиты. Воздействие химического фактора ускоряет и усиливает действие шума.
Дерево-обрабатывающее производство	Наблюдается смешанный циклически нестабильный широкополосный шум, при котором периоды затишья ($L_{eq}=78-82$ дБА) чередуются с кратковременными импульсами до 105-108 дБА.	Широкополосный шум вызывает функциональное расстройство организма, характеризующееся значительным спектром физиологических манифестаций: головные боли, нарушение сна, утомляемость, раздражительность.
Текстильное производство	Характерен высокочастотный (1000-4000 Гц) узкополосный тональный шум с относительно стабильным уровнем ($L_{eq}=92-96$ дБА)	Высокочастотный шум наиболее губителен для волосковых клеток внутреннего уха, что обуславливает быстрое развитие профессиональной тугоухости. Монотонность вызывает эффект акустического утомления, резко снижая концентрацию внимания.

Эти методы плохо приспособляются к меняющейся акустической обстановке, средства индивидуальной защиты вызывают дискомфорт при длительном ношении, а также могут полностью блокировать для работника

важные звуковые сигналы (речевые команды, предупреждающие сигналы оборудования, изменения в звуке работы собственного станка), что создает новые риски для безопасности.

Для устранения недостатков применения традиционных методов и средств снижения воздействия шума возможно использование адаптивной системы мониторинга и снижения шума, способной в реальном времени анализировать сложный спектр шума, реагировать на его изменения и обеспечивать избирательную защиту, подавляя вредный шум, но сохраняя слышимость необходимых звуков. Концепция системы включает три модуля [2, 3]:

1. Модуль ситуационной осведомленности, объединяющий датчики вибрации на оборудовании, являющимся источником шума, массивы микрофонов для отслеживания звукового поля в рабочей зоне и персональные дозиметры шума на работниках. Датчики и микрофоны, объединенные в защищенную сенсорную беспроводную сеть, формируют постоянно обновляемую цифровую 3D-карту акустической обстановки в цехе.

2. Модуль анализа и прогнозирования, служащий для обработки данных от сенсорной сети. Интеллектуальная платформа позволяет проводить: классификацию источников шума, т.е. в реальном времени идентифицировать тип работающего оборудования и характер его шума; прогнозную аналитику - выявлять причинно-следственные связи, например, «увеличение вибрации на частоте 50 Гц на прессе №3 за 1,8 секунды коррелирует с последующим акустическим импульсом с уровнем звука 108 дБА»; расчет и прогнозирование индивидуального риска развития нейросенсорной тугоухости для каждого работающего на основе персональной дозы шума, стажа работы и гигиенических нормативов.

3. Модуль активного противодействия, являющийся адаптивным исполнительным механизмом системы. Модуль принимает команды от интеллектуальной платформы, на основе которых активизирует один или несколько

типов средств подавления шума.

Для стационарных источников шума возможно применение активных шумоподавляющих ограждений, сочетающих слой традиционного звукопоглощающего материала с встроенной решеткой контрольных микрофонов и динамиков, генерирующих «антизвук», т.е. сигнал, равный по силе, но противоположный по фазе исходному шуму.

Для особо важных рабочих мест, например, постов управления, применяется система формирования зон акустического комфорта, состоящая из решеток узконаправленных акустических излучателей, гасящих шум в заданном объеме без создания помех в других зонах. Как в составе модуля, так и отдельно возможно применение гибридных средств индивидуальной защиты с активным подавлением шума и усилением речи.

Внедрение адаптивной системы управления шумом является инновационным мероприятием, имеющим значительный социально-экономический эффект, отражающий следующие основные аспекты:

- система персонального дозирования позволяет проводить упреждающий мониторинг, переходя при этом от плановых медосмотров к непрерывному контролю риска работающих и предотвращая развитие заболеваний на начальной стадии;

- эффективность шумоподавляющих ограждений против тонального и низкочастотного шума достигает 15-25 дБ. Сокращение данных компонентов шума, являющихся основными психофизиологическими раздражителями, позволяет уменьшить частоту жалоб на усталость, головную боль и нарушения сна и снизить показатели производственно-обусловленной артериальной гипертензии среди персонала цехов с превышением уровня шума на 20-30%;

- повышение концентрации внимания и устранение «акустического утомления» приводят к снижению количества технологических ошибок и брака выпускаемой продукции на 5-15%, что особенно критично на точных операциях;

– переход от компенсации выплат от воздействия вредных производственных факторов к их предупреждению и ликвидации сокращает затраты на компенсации и страхование до 80%;

– сокращение потерь рабочего времени из-за дискомфорта от средств индивидуальной защиты; прирост производительности труда в зависимости от характера и условий труда на 2-7%.

Таким образом, предложенная концепция адаптивной системы мониторинга и снижения шума отражает новый подход к управлению производственной средой. В частности, снижение шумового воздействия становится из задачи охраны труда стратегической инициативой, объединяющей цели инноваций, безопасности и экономической эффективности. Система в полной мере соответствует принципам обеспечения безопасности труда в Российской Федерации: предупреждения и профилактики опасностей и минимизации повреждения здоровья работников.

Библиографический список:

1. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности (ред. 01.10.2008). – М.: Стандартинформ, 2008. – 12 с.
2. Джиган В.И. Активное шумоподавление: архитектуры, алгоритмы и их параметры // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2025. – Том 19. №8. – С. 4-12. – DOI: 10.36724/2072-8735-2025-19-8-4-12.
3. Kuo S. M., Morgan D. R. Active Noise Control Systems: Algorithms and DSP Implementations. – New York: Wiley, 1996. URL:<https://searchworks.stanford.edu/view/3114646> (дата обращения 20.01.2026).
4. Профессиональная патология : национальное руководство / под ред. Н.Ф. Измерова. – М.: ГЭОТАР – Медиа, 2011. – 784 с.

5. Спирин В.Ф., Старшов А.М. К некоторым проблемам хронического воздействия производственного шума на организм работающих (обзор литературы) // Анализ риска здоровью. – 2021. – № 1. – С. 186–196. DOI:10.21668/health.risk/2021.1.19.
6. Условия труда, производственный травматизм // Федеральная служба государственной статистики. - URL: https://rosstat.gov.ru/working_conditions (дата обращения: 16.01.2026).