

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

INTERDISCIPLINARY RESEARCH

DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-1-259-278

УДК 621.873

МЕТОД ОЦЕНИВАНИЯ АКУСТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

С.П. Драган, А.В. Богомолов

Цель. Разработать метод мониторинга акустической безопасности человека на основе объективно ее характеризующих количественных показателей.

Материалы и методы. Расчет коэффициента акустической безопасности основан на сопоставлении измеренных показателей акустической обстановки по шуму и инфразвуку в местах жизнедеятельности человека с их предельно допустимыми уровнями, установленными санитарными нормами.

Результаты. Изложен метод расчета показателя акустической безопасности персонала – коэффициента акустической безопасности – на основе фиксированных (эквивалентный уровень звука A за рабочую смену, измеренный с частотной коррекцией по шкале «А» и/или рассчитанный за 8 часов рабочей смены; максимальный уровень звука A , измеренный с временной коррекцией «медленно» $S = 1$ с; максимальный уровень звука A , измеренный с временной коррекцией «импульс» $I = 40$ мс; пиковый скорректированный по шкале «С» уровень звука; эквивалентный обций уровень инфразвука за рабочую смену в диапазоне частот 1,4...22 Гц; максимальный обций уровень инфразвука, измеренный с временной коррекцией S (медленно) в диапазоне частот 1,4...22 Гц) и вариативных (эквивалентные уровни звукового давления за рабочую смену в октавных полосах частот 2, 4, 8, 16 Гц и уровни звукового давления в октавных полосах частот 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц) показателей акустической обстановки.

Представлен пример реализации разработанного метода для оценивания акустической безопасности машинистов тепловозов. Указан набор показателей акустической обстановки, необходимых для применения разработанного метода при оценивании акустической безопасности в определенном частотном диапазоне.

Заключение. Разработанный метод позволяет количественно оценить акустическую безопасность человека, обосновать приоритеты ее повышения и оценить эффективность реализации мероприятий, направленных на обеспечение акустической безопасности.

Ключевые слова: акустическая безопасность; гигиена труда; медицинская акустика; безопасность жизнедеятельности; гигиенический мониторинг; акустический мониторинг; защита от шума

Для цитирования. Драган С.П., Богомолов А.В. Метод оценивания акустической безопасности человека // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2021. Т. 13, № 1. С. 259-278. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-1-259-278

METHODS FOR MONITORING HUMAN LIFE SAFETY WHEN EXPOSED TO TRANSPORT NOISE

S.P. Dragan, A.V. Bogomolov

Background. To develop a method for monitoring the acoustic safety of a person based on objectively characterizing quantitative indicators.

Materials and methods. The calculation of the acoustic safety coefficient is based on comparing the measured indicators of the acoustic environment in terms of noise and infrasound in places of human activity with their maximum permissible levels established by sanitary standards.

Results. A method for calculating the indicator of acoustic safety of personnel – the coefficient of acoustic safety is described on the basis of fixed (equivalent sound level A for a work shift, measured with frequency correction on the “ A ” scale and / or calculated for 8 hours of a work shift; maximum sound level A , measured with time correction “slow” $S = 1$ s; maximum sound level A , measured with time correction “impulse” $I = 40$ ms; peak weighted “ C ” sound level; equivalent total infrasound level for a work shift in the frequency range 1.4 ... 22 Hz; maximum total infrasound level, measured with time correction S (slowly) in the frequency range 1.4 ... 22 Hz) and variable (equivalent sound pressure levels per work shift in octave frequency bands 2, 4, 8, 16 Hz and sound pressure levels

in octave frequency bands of 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Hz) indicators of the acoustic environment. An example of the implementation of the developed method for assessing the acoustic safety of locomotive drivers is presented. A set of indicators of the acoustic environment necessary for the application of the developed method when assessing acoustic safety in a certain frequency range is indicated.

Conclusion. *The developed method makes it possible to quantitatively assess the acoustic safety of a person, substantiate the priorities for its increase and assess the effectiveness of the implementation of measures aimed at ensuring acoustic safety.*

Keywords: *acoustic safety; occupational health; medical acoustics; life safety; hygienic monitoring; acoustic monitoring; noise protection*

For citation. *Dragan S.P., Bogomolov A.V. Methods for Monitoring Human Life Safety When Exposed to Transport Noise. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2021, vol. 13, no. 1, pp. 259-278. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-1-259-278*

Введение

Научно-технический прогресс обуславливает повышение мощности промышленного оборудования, сопровождающееся увеличением интенсивности потенциально опасных физических факторов условий профессиональной деятельности представителей многих профессий [1-3]. Ведущее место среди таких факторов занимает шум: более двух миллионов россиян работают в условиях повышенного воздействия акустических колебаний (шума, инфразвука и ультразвука), а около 25% рабочих мест персонала промышленности не соответствуют нормативам по шуму [4, 5]. Известно [6, 7], что хроническое действие сверхнормативного широкополосного шума и инфразвука является причиной развития профессиональной и профессионально обусловленной шумовой патологии, специфической особенностью которой является полиморфная симптоматика с ведущими синдромами в виде нейросенсорной тугоухости, артериальной гипертензии, дисциркуляторной энцефалопатии. Это обуславливает необходимость обеспечения акустической безопасности, под которой понимают состояние защищенности человека от неблагоприятного воздействия шума в процессе жизнедеятельности [8, 9].

Обеспечение акустической безопасности предполагает реализацию ее мониторинга, для чего необходимы количественные показатели, объективно характеризующие акустическую безопасность [10, 11].

В настоящее время в Российской Федерации для нормирования шума введено три показателя с использованием частотных коррекций по шкале «А» и шкале «С» [12, 13]:

- а) эквивалентный уровень звука А за рабочую смену (80дБА);
- б) максимальный уровень звука А, измеренный с временными коррекциями медленно и импульс ($\leq 110\text{дБА}_S$ и $\leq 125\text{дБА}_I$);
- в) пиковый уровень звука по шкале «С» (≤ 137 дБС). Для нормирования инфразвука используются: а) эквивалентные уровни звукового давления за рабочую смену в октавных полосах частот 2, 4, 8, 16 Гц - $L_{p,1/1,eg,8h}$ дБ;
- г) эквивалентный общий уровень инфразвука за рабочую смену - $L_{p,ZI,eg,8h}$ дБ, измеренный в диапазоне частот 1,4-22 Гц; в) максимальный общий уровень инфразвука, измеренный с временной коррекцией S (медленно) $\leq 120\text{дБ}$.

Принципиальное отличие от санитарных норм 1996 года (СН 2.2.4/2.1.8.562-96, СН 2.2.4/2.1.8.583-96) заключается в том, что уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц не являются нормируемыми параметрами и рассматриваются только как справочные параметры для выбора средств защиты.

Необходимо отметить, что производственный и транспортный шум содержат в своем спектре преимущественно инфразвуковые и низкие частоты [14, 15]. Использование только нормируемых показателей для оценки акустической безопасности (СанПиН 2.2.4.3359-16) приводит к тому, что шум в диапазоне частот 22-500 Гц окажется не нормируемым, т.к. использование шкалы «А» подразумевает фильтрацию шума («обрезание») [16, 17]. На частоте 500 Гц снижение уровня звукового давления по шкале «А» составит 3 дБ от исходного, а на частоте 22 Гц снижение достигнет 50 дБ. Т.е. практически весь спектр производственного и транспортного шума оказывается не охвачен нормами, что, безусловно, не способствует условиям сохранения здоровья [18, 19].

Кроме того, для измерения инфразвука предлагается использование частотной шкалы «Z» ($L_{p,ZI,eg,8h}$). Однако, во всех существующих шумомерах шкала «Z» не обеспечивает линейную шкалу. Линейность начинается от 10 Гц (-3дБ). Поэтому измерение в октавных полосах частот 2 и 4 Гц по шкале «Z» не корректно, т.к. занижает результаты на 20-10 дБ, что также не позволит обеспечить акустически безопасные условия труда и приведет к росту профессиональной заболеваемости шумовой этиологии [20-22].

Использование шкалы «С» для нормирования импульсного шума не позволяет анализировать весь спектр воздействий [23, 24]. Линейность шкалы «С» на уровне -3дБ обеспечивается в диапазоне частот 125-4000 Гц, вне этого диапазона измерения некорректны [25, 26]. Следует отметить, что в этот диапазон попадает ограниченный класс шумовых событий [27]. Для промышленного шума и для коротких импульсов, такое нормирование приемлемо, а для более низкочастотных импульсов (взрывные работы) нет [28, 29]. Для обеспечения безопасных условий труда при воздействии импульсным шумом необходимо прогнозировать пиковые уровни звука [30-32]. Импульсы по мере распространения увеличивают длительность и смещают максимум спектра давления в низкочастотную область, что приводит к искажению результатов измерений звукового давления по шкале «С» [33, 34]. В настоящее время отсутствуют надежные методы расчета распространяющегося импульсного звука с учетом частотной коррекцией по шкале «С», что не позволяет определять границы зоны безопасности для персонала. Особо остро стоит проблема нормирования импульсного шума для гражданского населения и военнослужащих при утилизации боеприпасов, использование критерия 137 дБС не позволит объективно оценить фактор риска [35, 36].

Таким образом, принятая система нормирования шума и инфразвука не позволяет достоверно выявить вредные факторы, что впоследствии может привести к росту заболеваний шумовой этиологии [37-39]. Следовательно, необходимо разработать комплекс мероприятий, направленный на снижение неблагоприятного действия стационарного, импульсного шума и инфразвука, т.е. необходимо разрабатывать программу обеспечения акустической безопасности [40, 41]. Принятие новых санитарно-эпидемиологических требований к физическим факторам на рабочих местах (СанПиН 2.2.4.3359-16), в части нормирования шума и инфразвука, ситуацию только усугубит [42, 43]. Изложенное обусловило необходимость разработки метода расчета показателя акустической безопасности персонала, основанного на использовании параметров звукового воздействия, объективно характеризующих фактор.

Материал и методы

Расчет показателя акустической безопасности персонала – *коэффициента акустической безопасности* – основан на сопоставлении измеренных показателей акустической обстановки по шуму и инфразвуку в местах жизнедеятельности человека с предельно допустимыми уровнями

(ПДУ), установленными санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562-96, СН 2.2.4/2.1.8.583-96 и СанПиН 2.2.4.3359-16.

Коэффициент акустической безопасности персонала (k , дБ) определяем как

$$k = 20 \lg \frac{n}{\sum_{i=1}^n 10^{\Delta_i/20}},$$

где $n=19$ – количество используемых показателей акустической обстановки, Δ_i – разница между ПДУ и измеренным значением i -го показателя акустической обстановки.

Когда все показатели акустической обстановки, используемые для его расчета, равны ПДУ, $k=0$. Чем меньше измеренные значения показателей акустической обстановки по сравнению с ПДУ, тем больше коэффициент k и, соответственно, тем лучше акустическая безопасность персонала.

При расчете k все показатели акустической обстановки считаются равнозначными, а корректность их свертки в интегральный показатель определяется суммированием величин Δ_i в линейном масштабе с последующим переводом результата в логарифмическую шкалу.

Множество показателей акустической обстановки, используемых для расчета значения коэффициента k , состоит из подмножеств фиксированных и вариативных показателей.

Подмножество фиксированных показателей включает шесть показателей акустической обстановки, определенных в СанПиН 2.2.4.3359-16:

1. Эквивалентный уровень звука A за рабочую смену ($L_{p,Aeq,8h}$ дБА), измеренный с частотной коррекцией по шкале «А» и/или рассчитанный за 8 ч рабочей смены. Нормативным эквивалентным ПДУ звука на рабочих местах специалистов большинства отраслей (подотраслей) экономики является 80 дБА (для отдельных отраслей экономики допускается эквивалентный уровень шума на рабочих местах до 85 дБА при условии подтверждения приемлемого риска здоровью работающих и выполнения комплекса мероприятий, направленных на минимизацию рисков здоровью работающих).

2. Максимальный уровень звука A , измеренный с временной коррекцией «медленно» $S = 1$ с ($L_{S,Amax}$ дБА), ПДУ которого равен 110 дБА.

3. Максимальный уровень звука A , измеренный с временной коррекцией «импульс» $I = 40$ мс ($L_{I,Amax}$ дБА), ПДУ которого равен 125 дБА.

4. Пиковый уровень звука C – пиковый скорректированный по шкале «С» уровень звука ($L_{p,Cpeak}$ дБС), ПДУ которого равен 137 дБС.

Следует отметить, что при регистрации импульсного или тонального шума предельно допустимые уровни снижаются на 5 дБ.

5. Эквивалентный общий уровень инфразвука за рабочую смену ($L_{p,Zl,eq,8h}$, дБ) – уровень звукового давления в диапазоне частот 1,4...22 Гц. ПДУ этого показателя на рабочих местах установлены: в средствах транспорта $L_{p,Zl,eq,8h} = 110$ дБ, работы различной степени тяжести $L_{p,Zl,eq,8h} = 100$ дБ и работы различной степени интеллектуально-эмоциональной напряженности $L_{p,Zl,eq,8h} = 95$ дБ.

6. Максимальный общий уровень инфразвука, измеренный с временной коррекцией S (медленно) в диапазоне частот 1,4...22 Гц (L_{ZFmax} , дБ), ПДУ которого $L_{ZFmax} = 120$ дБ.

Подмножество вариативных показателей акустической обстановки включает до тринадцати показателей, определенных в СН 2.2.4/2.1.8.562-96 и СН 2.2.4/2.1.8.583-96, число которых определяется числом октавных полос частот, в которых нужно обеспечить или оценить акустическую безопасность персонала:

1) эквивалентные уровни звукового давления (УЗД) за рабочую смену в октавных полосах частот 2, 4, 8, 16 Гц ($L_{p,1/1,eq,8h}$, дБ). ПДУ этого показателя установлены в СН 2.2.4/2.1.8.583-96 и дифференцированы для трех видов работ: в средствах транспорта, работы различной степени тяжести, работы различной степени интеллектуально-эмоциональной напряженности; при этом максимальный текущий общий уровень инфразвука не должен превышать 120 дБ, а при сокращенном рабочем дне (менее 40 ч в неделю) ПДУ применяют без изменения;

2) УЗД в октавных полосах частот 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. ПДУ этого показателя определяются видом трудовой деятельности и особенностями рабочего места.

Следует отметить, что в настоящее время эти показатели акустической обстановки не нормируются. Тем не менее, для объективизации акустического воздействия их необходимо учитывать в связи с тем, что, как правило, спектр промышленных, производственных и транспортных шумов наряду с высокими частотами содержит инфразвуковые и низкие частоты.

По величине k акустическая безопасность может быть оценена как:
неудовлетворительная, если $k < 5$;
удовлетворительная, если $5 \leq k < 15$;
хорошая, если $15 \leq k < 25$;
отличная, если $k \geq 25$.

Результаты

Разработанный метод успешно применен при решении ряда практических задач обеспечения акустической безопасности в промышленности и на транспорте.

В таблице приведены результаты измерений показателей акустической обстановки на рабочих местах машинистов тепловозов в течение полной смены в четырех рейсах, осуществленных по различным маршрутам.

Таблица

Измеренные и предельно допустимые значения нормируемых показателей шума и инфразвука на рабочих местах машинистов тепловозов (f – среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц)

Показатели акустической обстановки	ПДУ	Рейс 1	Рейс 2	Рейс 3	Рейс 4
$L_{p,Aeq,8h}$, дБА	80	75,6	78,7	76,7	76,9
$L_{S,Amaz}$, дБА	110	104	101	105,8	100,8
$L_{L,Amaz}$, дБА	125	114	114	115	115
$L_{p,Cpeak}$, дБС	137	131	126	130	130
$L_{p,Z1,eq,8h}$, дБ	110	105,4	105,3	107,5	105,4
L_{ZFmax} , дБ	120	130,4	125,8	131,5	126,5
$L_{p,1/1,eq,8h}$ ($f=2$ Гц), дБ	110	92,6	86,1	93,3	92,1
$L_{p,1/1,eq,8h}$ ($f=4$ Гц), дБ	105	94,9	84,9	95,8	97
$L_{p,1/1,eq,8h}$ ($f=8$ Гц), дБ	100	99,8	98	102,5	101,5
$L_{p,1/1,eq,8h}$ ($f=16$ Гц), дБ	95	101,7	99,8	96,5	98,5
$L_{p,1/1,eq,8h}$ ($f=32$ Гц), дБ	107	88,9	92,9	89,6	87,7
$L_{p,1/1,eq,8h}$ ($f=63$ Гц), дБ	95	84,7	89,5	92,6	83,2
$L_{p,1/1,eq,8h}$ ($f=125$ Гц), дБ	87	74,7	77,4	76,9	72,1
$L_{p,1/1,eq,8h}$ ($f=250$ Гц), дБ	82	74,5	76,5	74,9	72,5
$L_{p,1/1,eq,8h}$ ($f=500$ Гц), дБ	78	74,2	77,8	73,9	74,9
$L_{p,1/1,eq,8h}$ ($f=1$ кГц), дБ	75	69,6	73,4	70,6	72
$L_{p,1/1,eq,8h}$ ($f=2$ кГц), дБ	73	67,2	69,7	67,8	68,8
$L_{p,1/1,eq,8h}$ ($f=4$ кГц), дБ	71	64,1	65,7	66,4	64,8
$L_{p,1/1,eq,8h}$ ($f=8$ кГц), дБ	69	59,1	55,8	62,8	57,2
k , дБ		3,34	4,10	2,60	4,46

Следует отметить, что значение коэффициента акустической безопасности при всех измерениях составило менее 5, что свидетельствует о неудовлетворительной акустической безопасности и обуславливает необ-

ходимость разработки и реализации мер по снижению шума и инфразвука в кабинах машинистов. Приоритетами повышения акустической безопасности машинистов тепловозов (таблица) должна стать разработка и реализация мероприятий, направленных на снижение показателей L_{ZFmax} , $L_{p,1/1,eq,8h}$ ($f=8$ Гц) и $L_{p,1/1,eq,8h}$ ($f=16$ Гц). Эффективность реализации таких мероприятий может быть оценена по величине коэффициента k , рассчитанного до и после реализации мероприятий.

Обсуждение

Разработанный метод позволяет количественно оценить акустическую безопасность персонала, профессиональная деятельность и жизнедеятельность которого осуществляется в условиях, сопряженных с повышенным акустическим воздействием. Для расчета коэффициента акустической безопасности использованы девятнадцать показателей акустической обстановки (максимальное число показателей, предусмотренное разработанным методом). При необходимости оценивания акустической безопасности в определенном (более узком) частотном диапазоне можно применять разработанный метод, используя сокращенный набор показателей:

при оценивании акустической безопасности в инфразвуковом диапазоне частот: $L_{p,Zl,eq,8h}$, L_{ZFmax} , $L_{p,1/1,eq,8h}$ ($f=2$ Гц), $L_{p,1/1,eq,8h}$ ($f=4$ Гц), $L_{p,1/1,eq,8h}$ ($f=8$ Гц), $L_{p,1/1,eq,8h}$ ($f=16$ Гц);

при оценивании акустической безопасности в диапазонах низких и средних частот: $L_{p,1/1,eq,8h}$ ($f=31,5$ Гц), $L_{p,1/1,eq,8h}$ ($f=63$ Гц), $L_{p,1/1,eq,8h}$ ($f=125$ Гц), $L_{p,1/1,eq,8h}$ ($f=250$ Гц), $L_{p,1/1,eq,8h}$ ($f=500$ Гц);

при оценивании акустической безопасности в высокочастотном диапазоне: $L_{p,Aeq,8h}$, $L_{S,Amx}$, $L_{L,Amx}$, $L_{p,Cpeak}$, $L_{p,1/1,eq,8h}$ ($f=1$ кГц), дБ $L_{p,1/1,eq,8h}$ ($f=2$ кГц), $L_{p,1/1,eq,8h}$ ($f=4$ кГц) $L_{p,1/1,eq,8h}$ ($f=8$ кГц).

Заключение

Таким образом, разработанный метод позволяет количественно оценить акустическую безопасность человека, обосновать приоритеты повышения акустической безопасности и оценить эффективность реализации мероприятий, направленных на ее обеспечение.

Информация о спонсорстве. Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации по государственной поддержке ведущих научных школ Российской Федерации (НШ-2553.2020.8)

Список литературы

1. Themann C.L., Masterson E.A. Occupational noise exposure: A review of its effects, epidemiology, and impact with recommendations for reducing its burden // Journal of the Acoustical Society of America, 2019, vol. 146, no. 5, p. 3879. <https://doi.org/10.1121/1.5134465>
2. Измеров Н.Ф., Денисов Э.И., Аденинская Е.Е., Горблянский Ю.Ю. Критерии оценки профессиональной потери слуха от шума: международные и национальные стандарты // Вестник оториноларингологии. 2014. № 3. С. 66-71. <https://www.mediasphera.ru/issues/vestnik-otorinolaringologii/2014/3/030042-46682014319>
3. Waqas M., Gao S., Iram-Us-Salam, Ali M.K., Ma Y., Li W. Inner Ear Hair Cell Protection in Mammals against the Noise-Induced Cochlear Damage // Neural Plasticity, 2018, no. 7, p. 3170801. <https://doi.org/10.1155/2018/3170801>
4. Зинкин В.Н., Солдатов С.К., Кукушкин Ю.А., Афанасьев Р.В., Богомолов А.В., Ахметзянов И.М., Свидовый В.И., Пирожков М.В. Гигиеническая оценка условий труда работников «шумовых» профессий авиаремонтных заводов // Медицина труда и промышленная экология. 2008. № 4. С. 40-42.
5. Саньков П.Н. Актуальные аспекты обеспечения акустической безопасности населения в Украине // Міжнародний науковий журнал. 2015. № 5. С. 43-46. <https://www.inter-nauka.com/issues/2015/5/305>
6. Sha S.H., Schacht J. Emerging therapeutic interventions against noise-induced hearing loss // Expert Opin Investig Drugs, 2017, vol. 26, no. 1, pp. 85-96. <https://doi.org/10.1080/13543784.2017.1269171>
7. Pouryaghoub G., Mehrdad R., Pourhosein S. Noise-Induced hearing loss among professional musicians // Journal of Occupational Health, 2017, vol. 59, no. 1, pp. 33-37. <https://doi.org/10.1539/joh.16-0217-OA>
8. Прокопенко Л.В., Кравченко О.К., Курьеров Н.Н. Проблемы регламентации воздействия шумовибрационных факторов на водителей автотранспортных средств и меры профилактики // Медицина труда и промышленная экология. 2017. № 9. С. 158-159. <https://www.journal-irioh.ru/jour/article/view/914/0>
9. Михайлов В.А., Сотникова Е.В. Обеспечение акустической безопасности систем защиты воздушной среды объектов автотранспортного комплекса // Безопасность жизнедеятельности. 2015. № 5. С. 12-19. http://novtex.ru/bjd/bgd2015/bg515_web.pdf
10. Драган С.П., Зинкин В.Н., Богомолов А.В., Солдатов С.К., Дроздов С.В. Акустическая эффективность средств защиты от шума // Медицинская

- техника. 2013. № 3. С. 34-36. <http://mtjournal.ru/archive/2013/meditsinskaya-tehnika-3/akusticheskaya-effektivnost-sredstv-zashchity-ot-shuma>
11. Денисов Э.И. Шум на рабочем месте: предельно допустимые уровни, оценка риска и прогнозирование потери слуха // Анализ риска здоровью. 2018. № 3. С. 13-23. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2018.3.02>
 12. Вильк М.Ф., Глуховский В.Д., Курьеров Н.Н., Панкова В.Б., Прокопенко Л.В. Современный методический подход к оценке акустической нагрузки на членов летных экипажей воздушных судов гражданской авиации // Медицина труда и промышленная экология. 2017. № 3. С. 27-32. https://www.journal-irioh.ru/jour/article/view/590?locale=ru_RU
 13. Ушаков И.Б., Богомолов А.В., Драган С.П., Солдатов С.К. Методологические основы персонифицированного акустического мониторинга // Безопасность труда в промышленности. 2020. № 10. С. 33-39. <https://doi.org/10.24000/0409-2961-2020-10-33-39>
 14. Bogomolov A.V., Gan S.P., Zinkin V.N., Alekhin M.D. Acoustic factor environmental safety monitoring information system // Proceedings of 2019 22nd International Conference on Soft Computing and Measurements, SCM 2019, 2019, pp. 215-218.
 15. Bogomolov, A.V., Zinkin, V.N., Dragan, S.P., Larkin, E.V. Analysis of the Uncertainty of Acoustic Measurements at Various Angles of Incidence of Acoustic Waves on a Measuring Microphone // Proceedings of 2020 23rd International Conference on Soft Computing and Measurements, SCM 2020, 2020, pp. 214-217.
 16. Солдатов С.К., Богомолов А.В., Зинкин В.Н., Драган С.П. Проблемы обеспечения акустической безопасности персонала авиационной промышленности // Безопасность труда в промышленности. 2014. № 10. С. 58-60. <https://www.btpnadzor.ru/archive/1-472>
 17. Исхакова А.О., Алёхин М.Д., Богомолов А.В. Время-частотные преобразования в анализе паттернов нестационарных квазипериодических биомедицинских сигналов для задач идентификации акустических аномалий // Информационно-управляющие системы. 2020. № 1 (104). С. 15-23. <https://doi.org/10.31799/1684-8853-2020-1-15-23>
 18. Панкова В.Б. Сложные вопросы оценки потерь слуха от производственного шума // Клиническая больница. 2017. № 4. С. 42-45. https://med122.com/news/1/Magazine_04_2017.pdf
 19. Шешегов П.М., Зинкин В.Н., Сливина Л.П. Авиационный шум: особенности формирования и профилактики нейросенсорной тугоухости у авиационных специалистов Военно-воздушных сил // Авиакосмическая и экологиче-

- ская медицина. 2019. Т. 53. № 3. С. 49-56. <https://doi.org/10.21687/0233-528X-2019-53-3-49-56>
20. Zhdanko I.M., Zinkin V.N., Soldatov S.K., Bogomolov A.V., Sheshegov P.M. Fundamental and applied aspects of preventing the adverse effects of aviation noise // *Human Physiology*, 2016, vol. 42, no. 7, pp. 705-714. <https://doi.org/10.1134/S0362119716070227>
 21. Панкова В.Б. Значение количественной оценки потери слуха у лиц, работающих в условиях воздействия повышенной шумовой нагрузки // *Вестник оториноларингологии*. 2018. № 3. С. 33-36. <https://doi.org/10.17116/otorino201883333>
 22. Засядько К.И., Богомолов А.В., Солдатов С.К., Вонаршенко А.П., Борейчук А.Ф., Язлюк М.Н. Динамика показателей интонационной структуры речи в профессиональной деятельности операторов управления воздушным движением // *Медицина труда и промышленная экология*. 2019. № 1. С. 31-37. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-1-31-37>
 23. Драган С.П., Солдатов С.К., Богомолов А.В., Дроздов С.В., Поляков Н.М. Оценка акустической эффективности средств индивидуальной защиты от экстрааурального воздействия авиационного шума // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 2013. Т. 47, № 5. С. 21-26.
 24. Драган С.П. Метод расчета интегральной оценки акустической эффективности средств индивидуальной защиты от шума // *Безопасность жизнедеятельности*. 2013. № 2. С. 10-17. <http://www.novtex.ru/bjd/bgd2013/annot02.html#2>
 25. Солдатов С.К., Богомолов А.В., Зинкин В.Н., Аверьянов А.А., Россельс А.В., Пацкин Г.А., Соколов Б.А. Средства и методы защиты от авиационного шума: состояние и перспективы развития // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 2011. Т. 45, № 5. С. 3-11.
 26. Богомолов А.В., Драган С.П. Метод акустической квалиметрии средств коллективной защиты от шума // *Гигиена и санитария*. 2017. Т. 96, №8. С. 755-759. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-8-755-759>
 27. Солдатов С.К., Зинкин В.Н., Богомолов А.В., Драган С.П., Кукушкин Ю.А. *Фундаментальные и прикладные аспекты авиационной медицинской акустики*. М.: Физматлит, 2019. 216 с.
 28. Пономаренко В.А., Солдатов С.К., Филатов В.Н., Богомолов А.В. Обеспечение персонифицированной акустической защиты авиационных специалистов (практические аспекты) // *Военно-медицинский журнал*. 2017. Т. 338. № 4. С. 44-50.
 29. Измеров Н.Ф., Денисов Э.И., Аденинская Е.Е., Горблянский Ю.Ю. Критерии оценки профессиональной потери слуха от шума: международ-

- ные и национальные стандарты // Вестник оториноларингологии. 2014. № 3. С. 66-71. <https://www.mediasphera.ru/issues/vestnik-otorinolaringolog-ii/2014/3/030042-46682014319>
30. Комкин А.И., Готлиб Я.Г., Смирнов С.Г. Нормирование шума. Реальный подход к проблеме // Безопасность жизнедеятельности. 2015. № 10. С. 23-30. http://www.novtex.ru/bjd/bgd2015/bg1015_web.pdf
31. Бердышев О.В., Шевченко А.Е. Влияние шума на организм человека. Профилактика шума // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета: Безопасность и управление рисками. 2014. № 1. С. 42-51.
32. Nahad O., Kröller-Schön S., Daiber A., Münzel T. The Cardiovascular Effects of Noise // Deutsches Ärzteblatt International, 2019, vol. 116, no. 14, pp. 245-250. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2019.0245>
33. Зинкин В.Н., Богомолов А.В., Ахметзянов И.М., Шешегов П.М. Экологические аспекты безопасности жизнедеятельности населения, подвергающегося действию авиационного шума // Теоретическая и прикладная экология. 2011. № 3. С. 97-101. <http://envjournal.ru/ari/v2011/v3/11316.pdf>
34. Mirza R., Kirchner D.B., Dobie R.A., Crawford J. ACOEM Task Force on Occupational Hearing Loss. Occupational Noise-Induced Hearing Loss // Journal of Occupational and Environmental Medicine, 2018, vol. 60, no. 9, pp. 498-501. <https://doi.org/10.1097/JOM.0000000000001423>
35. Kurabi A., Keithley E.M., Housley G.D., Ryan A.F., Wong A.C. Cellular mechanisms of noise-induced hearing loss // Hearing Research, 2017, no. 349, pp. 129-137. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2016.11.013>
36. Dragan S.P., Bogomolov A.V., Zinkin V.N. Methodical support of monitoring the acoustic safety of flight personnel // AIP Conference Proceedings, 2019, p. 2140. <https://doi.org/10.1063/1.5121944>
37. Hill K., Yuan H., Wang X., Sha S.H. Noise-Induced Loss of Hair Cells and Cochlear Synaptopathy Are Mediated by the Activation of AMPK // Journal of Neuroscience, 2016, vol. 36, no. 28, pp. 7497-7510. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.0782-16.2016>
38. Bogomolov A.V., Dragan S.P. A new approach to the study of impedance characteristics of tympanic membrane // Doklady Biochemistry and Biophysics, 2015, vol. 464, no. 1, pp. 269-271. <https://doi.org/10.1134/s1607672915050014>
39. Wang J., Yin S., Chen H., Shi L. Noise-Induced Cochlear Synaptopathy and Ribbon Synapse Regeneration: Repair Process and Therapeutic Target // Advances in Experimental Medicine and Biology, 2019, no. 1130, pp. 37-57. https://doi.org/10.1007/978-981-13-6123-4_3

40. Aliabadi M., Biabani A., Golmohammadi R., Farhadian M. A study of the real-world noise attenuation of the current hearing protection devices in typical workplaces using Field Microphone in Real Ear method // *Work*, 2018, vol. 60, no. 2, pp. 271-279. <https://doi.org/10.3233/WOR-182726>
41. Аденинская Е.Е., Бухтияров И.В., Бушманов А.Ю., Дайхес Н.А., Денисов Э.И., Измеров Н.Ф., Мазитова Н.Н., Панкова В.Б., Преображенская Е.А., Прокопенко Л.В., Симонова Н.И., Таварткиладзе Г.А., Федина И.Н. Федеральные клинические рекомендации по диагностике, лечению и профилактике потери слуха, вызванной шумом // *Медицина труда и промышленная экология*. 2016. № 3. С. 37-48. https://www.journal-irioh.ru/jour/article/view/443?locale=ru_RU
42. Tikka C., Verbeek J.H., Kateman E., Morata T.C., Dreschler W.A., Ferrite S. Interventions to prevent occupational noise-induced hearing loss // *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2017, no. 7, CD006396. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD006396.pub4>
43. Денисов Э.И., Прокопенко Л.В., Фесенко М.А. Международный опыт ограничения сверхурочных работ без ущерба для здоровья // *Медицина труда и промышленная экология*. 2018. № 1. С. 1-7. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2018-1-1-7>

References

1. Themann C.L., Masterson E.A. Occupational noise exposure: A review of its effects, epidemiology, and impact with recommendations for reducing its burden. *Journal of the Acoustical Society of America*, 2019, vol. 146, no. 5, p. 3879. <https://doi.org/10.1121/1.5134465>
2. Izmerov N.F., Denisov Je.I., Adeninskaja E.E., Gorblyanskij Ju.Ju. Kriterii ocenki professional'noj poteri sluha ot shuma: mezhdunarodnye i nacional'nye standarty [Criteria for assessing occupational hearing loss from noise: international and national standards]. *Vestnik otorinolaringologii* [Bulletin of otorhinolaryngology], 2014, no. 3, pp. 66-71. <https://www.mediasphera.ru/issues/vestnik-otorinolaringologii/2014/3/030042-46682014319>
3. Waqas M., Gao S., Iram-Us-Salam, Ali M.K., Ma Y., Li W. Inner Ear Hair Cell Protection in Mammals against the Noise-Induced Cochlear Damage. *Neural Plasticity*, 2018, no. 7, p. 3170801. <https://doi.org/10.1155/2018/3170801>
4. Zinkin V.N., Soldatov S.K., Kukushkin Ju.A., Afanas'ev R.V., Bogomolov A.V., Ahmetzjanov I.M., Svidovyy V.I., Pirozhkov M.V. Gigienicheskaja ocenka uslovij truda rabotnikov "shumovyh" professij aviaremontnyh zavodov [Hygienic assessment of the working conditions of workers in the "noise" pro-

- fessions of aircraft repair plants]. *Medicina truda i promyshlennaja jekologija* [Occupational medicine and industrial ecology], 2008, no. 4, pp. 40-42.
5. San'kov P.N. Aktual'nye aspekty obespechenija akusticheskoj bezopasnosti naselenija v Ukraine [Topical aspects of ensuring the acoustic safety of the population in Ukraine]. *Mizhnarodnij nauchij zhurnal* [International Science Journal], 2015, no. 5, pp. 43-46. <https://www.inter-nauka.com/issues/2015/5/305>
 6. Sha S.H., Schacht J. Emerging therapeutic interventions against noise-induced hearing loss. *Expert Opin Investig Drugs*, 2017, vol. 26, no. 1, pp. 85-96. <https://doi.org/10.1080/13543784.2017.1269171>
 7. Pouryaghoub G., Mehrdad R., Pourhosein S. Noise-Induced hearing loss among professional musicians. *Journal of Occupational Health*, 2017, vol. 59, no. 1, pp. 33-37. <https://doi.org/10.1539/joh.16-0217-OA>
 8. Prokopenko L.V., Kravchenko O.K., Kur'erov N.N. Problemy reglamentacii vozdeystvija shumovibracionnyh faktorov na voditelej avtotransportnyh sredstv i mery profilaktiki [Problems of regulation of the impact of noise and vibration factors on vehicle drivers and preventive measures]. *Medicina truda i promyshlennaja jekologija* [Labor medicine and industrial ecology], 2017, no. 9, pp. 158-159. <https://www.journal-irioh.ru/jour/article/view/914/0>
 9. Mihajlov V.A., Sotnikova E.V. Obespechenie akusticheskoj bezopasnosti sistem zashhity vozdušnoy sredy ob'ektov avtotransportnogo kompleksa [Provision of acoustic safety of systems for protecting the air environment of objects of the motor transport complex]. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti* [Safety of life], 2015, no. 5, pp. 12-19. http://novtex.ru/bjd/bgd2015/bg515_web.pdf
 10. Dragan S.P., Zinkin V.N., Bogomolov A.V., Soldatov S.K., Drozdov S.V. Akusticheskaja jeffektivnost' sredstv zashhity ot shuma [Acoustic efficiency of means of protection against noise]. *Medicinskaja tehnika* [Medical technology], 2013, no. 3, pp. 34-36. <http://mtjournal.ru/archive/2013/meditsinskaya-tehnika-3/akusticheskaya-effektivnost-sredstv-zashchity-ot-shuma>
 11. Denisov Je.I. Shum na rabochem meste: predel'no dopustimye urovni, ocenka riska i prognozirovanie poteri sluha [Noise at the workplace: maximum permissible levels, risk assessment and prediction of hearing loss]. *Analiz riska zdorov'ju* [Health risk analysis], 2018, no. 3, pp. 13-23. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2018.3.02>
 12. Vilk M.F., Gluhovskij V.D., Kurerov N.N., Pankova V.B., Prokopenko L.V. Sovremennij metodicheskij podhod k ocenke akusticheskoj nagruzki na chlenov letnyh jekipazhej vozdušnyh sudov grazhdanskoj aviacii [Modern methodological approach to assessing the acoustic load on flight crew members of civil aviation aircraft]. *Medicina truda i promyshlennaja jekologija* [Labor Medicine

- and Industrial Ecology], 2017, no. 3, pp. 27-32. https://www.journal-irioh.ru/jour/article/view/590?locale=ru_RU
13. Ushakov I.B., Bogomolov A.V., Dragan S.P., Soldatov S.K. Metodologicheskie osnovy personificirovannogo akusticheskogo monitoring [Methodological foundations of personified acoustic monitoring]. *Bezopasnost truda v promyshlennosti* [Labor safety in industry], 2020, no.10, pp. 33-39. <https://doi.org/10.24000/0409-2961-2020-10-33-39>
 14. Bogomolov A.V., Gan S.P., Zinkin V.N., Alekhin M.D. Acoustic factor environmental safety monitoring information system. *Proceedings of 2019 22nd International Conference on Soft Computing and Measurements, SCM 2019*, 2019, pp. 215-218.
 15. Bogomolov, A.V., Zinkin, V.N., Dragan, S.P., Larkin, E.V. Analysis of the uncertainty of acoustic measurements at various angles of incidence of acoustic waves on a measuring microphone. *Proceedings of 2020 23rd International Conference on Soft Computing and Measurements, SCM 2020*, 2020, pp. 214-217.
 16. Soldatov S.K., Bogomolov A.V., Zinkin V.N., Dragan S.P. Problemy obespechenija akusticheskoy bezopasnosti personala aviacionnoj promyshlennosti [Problems of ensuring the acoustic safety of personnel in the aviation industry]. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti* [Labor safety in industry], 2014, no. 10, pp. 58-60. <https://www.btpnadzor.ru/archive/1-472>
 17. Ishakova A.O., Aljohin M.D., Bogomolov A.V. Vremja-chastotnye preobrazovaniya v analize patternov nestacionarnyh kvaziperiodicheskikh biomedicinskih signalov dlja zadach identifikacii akusticheskikh anomalij [Time-frequency transformations in the analysis of patterns of non-stationary quasi-periodic biomedical signals for problems of identification of acoustic anomalies]. *Informacionno-upravljajushhie sistemy* [Information and Control Systems], 2020, no. 1, pp. 15-23. <https://doi.org/10.31799/1684-8853-2020-1-15-23>
 18. Pankova V.B. Slozhnye voprosy ocenki poter' sluha ot proizvodstvennogo shuma [Complex issues of assessing hearing loss from industrial noise]. *Klinicheskaja bolnica* [Clinical Hospital], 2017, no. 4, pp. 42-45. https://med122.com/news/1/Magazine_04_2017.pdf
 19. Sheshegov P.M., Zinkin V.N., Slivina L.P. Aviacionnyj shum: osobennosti formirovaniya i profilaktiki nejrosensornoj tugouhosti u aviacionnyh specialistov Voenno-vozdushnyh sil [Aviation noise: features of the formation and prevention of sensorineural hearing loss in aviation specialists of the Air Force]. *Aviakosmicheskaja i jekologicheskaja medicina* [Aerospace and Environmen-

- tal Medicine], 2019, vol. 53, no. 3, pp. 49-56. <https://doi.org/10.21687/0233-528X-2019-53-3-49-56>
20. Zhdanko I.M., Zinkin V.N., Soldatov S.K., Bogomolov A.V., Sheshegov P.M. Fundamental and applied aspects of preventing the adverse effects of aviation noise. *Human Physiology*, 2016, vol. 42, no. 7, pp. 705-714. <https://doi.org/10.1134/S0362119716070227>
 21. Pankova V.B. Znachenie kolichestvennoj ocenki poteri sluha u lic, rabotajushhikh v usloviyah vozdeystviya povyshennoj shumovoj nagruzki [The value of quantitative assessment of hearing loss in persons working under conditions of increased noise load]. *Vestnik otorinolaringologii* [Bulletin of otorhinolaryngology], 2018, no. 3, pp. 33-36. <https://doi.org/10.17116/otorino201883333>
 22. Zashjad'ko K.I., Bogomolov A.V., Soldatov S.K., Vonarshenko A.P., Borejchuk A.F., Jazljuk M.N. Dinamika pokazatelej intonacionnoj struktury rechi v professional'noj dejatel'nosti operatorov upravlenija vozdušnym dvizheniem [Dynamics of indicators of speech intonation structure in the professional activity of air traffic control operators]. *Medicina truda i promyshlennaja jekologija* [Labor medicine and industrial ecology], 2019, no. 1, pp. 31-37. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-1-31-37>
 23. Dragan S.P., Soldatov S.K., Bogomolov A.V., Drozdov S.V., Poljakov N.M. Ocenka akusticheskoj jeffektivnosti sredstv individual'noj zashhity ot jekstraaural'nogo vozdeystviya aviacionnogo shuma [Assessment of the acoustic efficiency of personal protective equipment against extra-aural effects of aircraft noise]. *Aviakosmicheskaja i jekologicheskaja medicina* [Aerospace and Environmental Medicine], 2013, vol. 47, no. 5, pp. 21-26.
 24. Dragan S.P. Metod rascheta integral'noj ocenki akusticheskoj jeffektivnosti sredstv individual'noj zashhity ot shuma [Method of calculating the integral assessment of the acoustic efficiency of personal protective equipment against noise]. *Bezopasnost zhiznedejatelnosti* [Safety of life], 2013, no. 2, pp. 10-17. <http://www.novtex.ru/bjd/bgd2013/annot02.html#2>
 25. Soldatov S.K., Bogomolov A.V., Zinkin V.N., Aver'janov A.A., Rossel's A.V., Packin G.A., Sokolov B.A. Sredstva i metody zashhity ot aviacionnogo shuma: sostojanie i perspektivy razvitiya [Means and methods of protection against aircraft noise: state and development prospects]. *Aviakosmicheskaja i jekologicheskaja medicina* [Aerospace and Environmental Medicine], 2011, vol. 45, no. 5, pp. 3-11.
 26. Bogomolov A.V., Dragan S.P. Metod akusticheskoj kvalimetrii sredstv kollektivnoj zashhity ot shuma [Method of acoustic qualimetry of collective protection against noise]. *Gigiena i sanitarija* [Hygiene and sanitation], 2017,

- vol. 96, no. 8, pp. 755-759. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-8-755-759>
27. Soldatov S.K., Zinkin V.N., Bogomolov A.V., Dragan S.P., Kukushkin Ju.A. *Fundamental'nye i prikladnye aspekty aviacionnoj medicinskoj akustiki* [Fundamental and applied aspects of aviation medical acoustics]. Moscow: Fizmatlit, 2019. 216 p.
 28. Ponomarenko V.A., Soldatov S.K., Filatov V.N., Bogomolov A.V. Obespechenie personificirovannoj akusticheskoj zashhity aviacionnyh specialistov (prakticheskie aspekty) [Providing personalized acoustic protection for aviation specialists (practical aspects)]. *Voенно-медицинский журнал* [Military Medical Journal], 2017, vol. 338, no. 4, pp. 44-50.
 29. Izmerov N.F., Denisov Je.I., Adeninskaja E.E., Gorblyanskij Ju.Ju. Kriterii ocenki professional'noj poteri sluha ot shuma: mezhdunarodnye i nacional'nye standarty [Criteria for assessing occupational hearing loss from noise: international and national standards]. *Vestnik otorinolaringologii* [Bulletin of otorhinolaryngology], 2014, no. 3, pp. 66-71. <https://www.mediasphera.ru/issues/vestnik-otorinolaringologii/2014/3/030042-46682014319>
 30. Komkin A.I., Gotlib Ja.G., Smirnov S.G. Normirovanie shuma. real'nyj podhod k problem [Noise regulation. a real approach to the problem]. *Bezopasnost zhiznedejatelnosti* [Safety of life], 2015, no. 10, pp. 23-30. http://www.novtex.ru/bjd/bgd2015/bg1015_web.pdf
 31. Berdyshev O.V., Shevchenko A.E. Vlijanie shuma na organizm cheloveka. Profilaktika shuma [Effect of noise on the human body. Prevention of noise]. *Vestnik Permskogo nacionalnogo issledovatel'skogo politehnicheskogo universiteta: Bezopasnost i upravlenie riskami* [Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University: Security and Risk Management], 2014, no. 1, pp. 42-51.
 32. Hahad O., Kröller-Schön S., Daiber A., Münzel T. The Cardiovascular Effects of Noise. *Deutsches Ärzteblatt International*, 2019, vol. 116, no. 14, pp. 245-250. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2019.0245>
 33. Zinkin V.N., Bogomolov A.V., Ahmetzjanov I.M., Sheshegov P.M. Jekologicheskie aspekty bezopasnosti zhiznedejatel'nosti naselenija, podvergajushhegosja dejstvu aviacionnogo shuma [Environmental aspects of life safety of the population exposed to aircraft noise]. *Teoreticheskaja i prikladnaja jekologija* [Theoretical and Applied Ecology], 2011, no. 3, pp. 97-101. <http://envjournal.ru/ari/v2011/v3/11316.pdf>
 34. Mirza R., Kirchner D.B., Dobie R.A., Crawford J. ACOEM Task Force on Occupational Hearing Loss. Occupational Noise-Induced Hearing Loss. *Journal of*

- Occupational and Environmental Medicine*, 2018, vol. 60, no. 9, pp. 498-501. <https://doi.org/10.1097/JOM.0000000000001423>
35. Kurabi A., Keithley E.M., Housley G.D., Ryan A.F., Wong A.C. Cellular mechanisms of noise-induced hearing loss. *Hearing Research*, 2017, no. 349, pp. 129-137. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2016.11.013>
36. Dragan S.P., Bogomolov A.V., Zinkin V.N. Methodical support of monitoring the acoustic safety of flight personnel. *AIP Conference Proceedings*, 2019, p. 2140. <https://doi.org/10.1063/1.5121944>
37. Hill K., Yuan H., Wang X., Sha S.H. Noise-Induced Loss of Hair Cells and Cochlear Synaptopathy Are Mediated by the Activation of AMPK. *Journal of Neuroscience*, 2016, vol. 36, no. 28, pp. 7497-7510. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.0782-16.2016>
38. Bogomolov A.V., Dragan S.P. A new approach to the study of impedance characteristics of tympanic membrane. *Doklady Biochemistry and Biophysics*, 2015, vol. 464, no. 1, pp. 269-271. <https://doi.org/10.1134/s1607672915050014>
39. Wang J., Yin S., Chen H., Shi L. Noise-induced cochlear synaptopathy and ribbon synapse regeneration: repair process and therapeutic target. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 2019, no. 1130, pp. 37-57. https://doi.org/10.1007/978-981-13-6123-4_3
40. Aliabadi M., Biabani A., Golmohammadi R., Farhadian M. A study of the real-world noise attenuation of the current hearing protection devices in typical workplaces using Field Microphone in Real Ear method. *Work*, 2018, vol. 60, no. 2, pp. 271-279. <https://doi.org/10.3233/WOR-182726>
41. Adeninskaja E.E., Buhtijarov I.V., Bushmanov A.Ju., Dajhes N.A., Denisov Je.I., Izmerov N.F., Mazitova N.N., Pankova V.B., Preobrazhenskaja E.A., Prokopenko L.V., Simonova N.I., Tavartkiladze G.A., Fedina I.N. Federal'nye klinicheskie rekomendacii po diagnostike, lecheniju i profilaktike poteri sluha, vyzvannoj shumom [Federal clinical guidelines for the diagnosis, treatment and prevention of noise-induced hearing loss]. *Medicina truda i promyshlennaja jekologija* [Occupational Medicine and Industrial Ecology], 2016, no. 3, pp. 37-48. https://www.journal-irioh.ru/jour/article/view/443?locale=ru_RU
42. Tikka C., Verbeek J.H., Kateman E., Morata T.C., Dreschler W.A., Ferrite S. Interventions to prevent occupational noise-induced hearing loss. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2017, no. 7, CD006396. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD006396.pub4>
43. Denisov Je.I., Prokopenko L.V., Fesenko M.A. Mezhdunarodnyj opyt ogranichenija sverhurochnyh rabot bez ushherba dlja zdorov'ja [International experience in limiting overtime work without harming health]. *Medicina truda*

i promyshlennaja jekologija [Occupational medicine and industrial ecology], 2018, no. 1, pp. 1-7. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2018-1-1-7>

ДАнные ОБ АВТОРАХ

Драган Сергей Павлович, д-р техн. наук, заведующий лабораторией

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» ФМБА России
ул. Маршала Новикова, 23, Москва, 123098, Российская Федерация
s.p.dragan@rambler.ru

Богомолов Алексей Валерьевич, д-р техн. наук, профессор, ведущий научный сотрудник

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» ФМБА России
ул. Маршала Новикова, 23, Москва, 123098, Российская Федерация
a.v.bogomolov@gmail.com

DATA ABOUT THE AUTHORS

Dragan Sergey P., Dr. Sc. (Engineering), Head of the Laboratory

Burnazian Federal Medical Biophysical Center
23, Marshal Novikov Str., Moscow, 123098, Russian Federation
s.p.dragan@rambler.ru
SPIN-code: 3151-3067
ORCID: 0000-0003-1576-3759
ResearcherID: F-7870-4321
Scopus Author ID: 55055984400

Bogomolov Aleksey V., Dr. Sc. (Engineering), Professor, Leading Researcher

Burnazian Federal Medical Biophysical Center
23, Marshal Novikov Str., Moscow, 123098, Russian Federation
a.v.bogomolov@gmail.com
SPIN-code: 3795-0261
ORCID: 0000-0002-7582-1802
ResearcherID: F-7191-2013
Scopus Author ID: 55209544700