

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

DOI: <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-8-505-507>

УДК 613.644

© Коллектив авторов, 2019

Смирнов В.В., Крийт В.Е., Сладкова Ю.Н., Волчкова О.В.

Измерения контактного ультразвука на рабочих местах

ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 2-я Советская ул., 4, Санкт-Петербург, Россия, 191036

Гигиенический контроль уровней контактного ультразвука на рабочих местах должен проводиться в соответствии с утвержденными аттестованными методиками измерений. В санитарно-эпидемиологических нормах и правилах представлены требования к нормативным значениям и оценке контактного ультразвука, а также указаны методы измерений акустического давления и расчет усредненной во времени пиковой пространственной интенсивности.

Выполнен анализ возможности проведения измерений контактного ультразвука на рабочих местах и в лабораторных условиях

Результаты показали, что представленными методами измерений определяется удельная мощность, которую излучает источник ультразвука в водоподобную гелевую среду, а удельная мощность является технической характеристикой ультразвукового источника. Указанный метод должен быть применен для определения ультразвуковой характеристики источника ультразвука в лабораторных условиях на предприятиях изготовителях, а не для оценки его воздействия на рабочем месте. Измерения контактного ультразвука на рабочих местах очень затруднительны, так как требуют чрезвычайно сложных, дорогостоящих исследований и уникального оборудования. Таким образом, для оценки воздействия контактного ультразвука на организм человека на рабочем месте, целесообразно использовать акустические характеристики контактного ультразвука источника, полученные в лабораторных условиях на предприятиях-изготовителях и представленные в технической документации.

Ключевые слова: контактный ультразвук; пиковая пространственная интенсивность; диапазон частот; ультразвуковой преобразователь; рабочее место

Для цитирования: Смирнов В.В., Крийт В.Е., Сладкова Ю.Н., Волчкова О.В. Измерения контактного ультразвука на рабочих местах. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59 (8). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-8-505-507>

Для корреспонденции: Смирнов Владимир Васильевич, ст. науч. сотр. отдела комплексной гигиенической оценки физических факторов ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья», канд. мед. наук. E-mail: vvsmirnov00042@rambler.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Vladimir V. Smirnov, Vladimir E. Kryit, Yuliya N. Sladkova, Olga V. Volchkova

Measurements of contact ultrasound in the workplaceNorth-West Public Health Research Center, 4, 2nd Sovetskaya str., St. Petersburg, Russia, 191036

Introduction. Hygienic control of the levels of contact ultrasound in the workplace should be carried out in accordance with the approved certified measurement procedures. The sanitary-epidemiological norms and rules present the requirements for the normative values and evaluation of contact ultrasound, as well as the methods of measurement of acoustic pressure and the calculation of the time-averaged peak spatial intensity.

The analysis of the possibility of measurements of contact ultrasound in the workplace and in the laboratory

Results. The results showed that the presented measurement methods determine the specific power that the ultrasound source emits into a water-like gel medium, and the specific power is a technical characteristic of the ultrasonic source. This method should be used to determine the ultrasonic characteristics of the ultrasound source in the laboratory at the manufacturers, and not to assess its impact in the workplace. Measurements of contact ultrasound in the workplace are very difficult, as they require extremely complex, expensive research and unique equipment. Thus, to assess the impact of contact ultrasound on the human body in the workplace, it is advisable to use the acoustic characteristics of the contact ultrasound source obtained in the laboratory at the manufacturing plants and presented in the technical documentation.

Key words: contact ultrasound; peak spatial intensity; frequency range; ultrasonic transducer; workplace

For citation: Smirnov V.V., Kryit E.V., Sladkova Yu.N., Volchkova O.V. Measurement of contact ultrasound in the workplace. *Med. труда i prom. ekol.* 2019; 59 (8). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-8-505-507>

For correspondence: Vladimir V. Smirnov, senior scientist of the Department of complex hygienic assessment of the physical factors of North-West Public Health Research Center, Cand. of Sci. (Med.). E-mail: vvsmirnov00042@rambler.ru

Funding: The study had no funding.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Введение. Контактный ультразвук широко применяется в производственных условиях и медицине. Источниками ультразвука являются различные виды ультразвукового технологического оборудования, аппаратура и приборы промышленного и медицинского назначения. Источники ультразвука в диапазоне частот от 11,2 кГц до 100 МГц и выше генерируют ультразвуковые колебания [1,2]. Контактный ультразвук действует на человека при соприкосновении рук или других частей тела с ультразвуковыми источниками или жидкостями, в которых распространяются ультразвуковые колебания. Контактный ультразвук оказывает неблагоприятное воздействие на состояние здоровья работающих и ухудшает их условия труда [3–7]. Для снижения вредного действия контактного ультразвука на рабочих местах необходимо соблюдать нормируемые показатели и параметры [8,9]. Гигиенический контроль уровней контактного ультразвука на рабочих местах должен проводиться в соответствии с утвержденными аттестованными методиками измерений [10,11]. В СанПиН 2.2.4.3359–16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах» представлены требования к нормативным значениям и оценке контактного ультразвука, а также к методам измерений акустического давления и расчету усредненной во времени пиковой пространственной интенсивности с учетом национальных стандартов.

Цель исследования — показать возможности применения методики измерений контактного ультразвука в соответствии с требованиями национальных стандартов на рабочих местах и в лабораторных условиях.

Материалы и методы. Изучены нормативно-правовые акты оценки и измерений контактного ультразвука на рабочих местах, в лабораторных условиях, литературные источники. Применены общелогические методы и приемы исследований: анализа, синтеза, абстрагирования, обобщения, индукции.

Результаты и обсуждение. Измерения контактного ультразвука на рабочих местах всегда вызывали сложности и трудности из-за того, что предлагаемый нормативно-методическими документами измерительный тракт было сложно создать за отсутствием необходимых измерительных приборов в реестре средств измерений. Традиционно ультразвуковые поля оцениваются параметрами интенсивности. В СанПиН 2.2.4.3359–16 требования к контактному ультразвуку изменились и вместо пиковых уровней и значений виброскорости нормируемым параметром установлены максимальные значения усредненной во времени пиковой пространственной интенсивности контактного ультразвука, распространяющегося от источника в водоподобной гелевой среде. Предельно допустимые уровни контактного ультразвука на рабочих местах установлены в поддиапазонах частот от 11,2 кГц до $5,0 \cdot 10^3$ кГц. Усредненная во времени пиковая пространственная интенсивность контактного ультразвука рассчитывается по измерениям акустического давления при контакте гидрофона с поверхностью ультразвукового излучателя через тонкий слой смазки ультразвукового геля. Зависимость пространственной интенсивности аппроксимируется распространением плоской звуковой волны в воде от акустического давления по формуле:

$$I_{\text{српк}} = p^2 / \rho c,$$

где $I_{\text{српк}}$ — усредненная во времени пиковая пространственная интенсивность, Вт/см²; p — измеренное акустическое давление, Па; ρ — плотность воды, кг/м³; c — скорость звука в воде, м/с.

Определение максимальной интенсивности требуется проводить согласно ГОСТ Р МЭК 61161–2009 «ГСИ. Мощность ультразвука в жидкостях. Общие требования к методикам измерений в диапазоне частот от 0,5 до 25 МГц». Измерение акустического давления проводится при контакте гидрофона с контролируемой поверхностью ультразвукового излучателя через тонкий слой смазки, а затем аппроксимируется зависимость интенсивности от давления. Стандарт распространяется на измерение мощности ультразвука, излучаемой источником ультразвука в жидкость. Мощность ультразвука до 1 Вт в диапазоне частот от 0,5 до 25 МГц, и мощность ультразвука до 20 Вт в диапазоне частот от 0,75 до 5 МГц. Стандарт устанавливает метод измерения, основанный на системе уравнивания радиационного давления звуковой волны с использованием специальных систем уравнивания, в которых препятствие (мишень) преграждает измеряемое звуковое поле. Мишени, в зависимости от компоновки весов, применяют как поглощающие, так и отражающие. Измерения выполняют в измерительном баке с подготовленной дегазированной жидкостью.

В ГОСТ Р МЭК 62127–2–2007 «ГСИ. Гидрофоны. Общие требования к методикам калибровки в частотном диапазоне до 40 МГц» представлены методы, отличающиеся от принципа уравнивания радиационной силы, основанные на методе взаимности в свободном поле; оптической интерференции; сравнении; сканировании ультразвукового поля посредством калиброванного гидрофона.

Методы при плоском сканировании в свободном поле перекрывают частотный диапазон от 500 кГц до 15 МГц, а методы при сравнении с эталонным гидрофоном в свободном поле — от 50 кГц до 40 МГц. В документе представлены требования к системам калибровки, позиционирование, измерение температуры и температурная стабильность, размеры гидрофона, измерительный бак и свойства воды, измерение выходного напряжения.

Гидрофон разработан для измерений в воде, и калибровка также выполнена в воде. Чувствительность гидрофона изменяется при применении материалов с другим акустическим импедансом. Близость параметров плотности и упругости человеческого тела соответствующим параметрам воды предопределяет использование гидроакустических методов измерения. Этот метод можно распространить на изучение ультразвука в тонкий слой смазки типа ультразвукового геля.

Однако в данных методиках измерений не представлена возможность для проведения измерений в производственных условиях на рабочих местах и создания необходимых метрологических условий. Данными методами определяется удельная мощность, которую излучает источник ультразвука в водоподобную гелевую среду. Удельная мощность является технической характеристикой ультразвукового источника. Для гигиенической оценки воздействия контактного ультразвука на руки работающего, необходимо учитывать пиковую пространственную интенсивность не в направлении фокуса пучка преобразователя источника, а контактирующую с человеком поверхность преобразователя источника. Указанный метод должен быть применен для определения ультразвуковой характеристики источника ультразвука в лабораторных условиях на предприятиях изготовителя, а не для оценки его воздействия на рабочем месте.

Производители средств измерений разрабатывают методику измерений, воспринимающий датчик, регистри-

рующей прибор, но все же еще испытывают затруднения с метрологическим обеспечением как датчика, так и всего измерительного тракта. Поэтому для гигиенической оценки параметров контактного ультразвука должны быть использованы акустические характеристики контактного ультразвука источника, представленные в технической документации.

Выводы:

1. Измерения контактного ультразвука на рабочем месте на соответствие СанПиН 2.2.4.3359–16 довольно затруднительны, так как требуют чрезвычайно сложных, дорогостоящих исследований и уникального оборудования.

2. Для оценки воздействия контактного ультразвука на организм человека на рабочем месте на соответствие СанПиН 2.2.4.3359–16 целесообразно использовать технические характеристики источника, полученные в лабораторных условиях на предприятиях-изготовителях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соловьева И.В., Запороженко А.А., Худницкий С.С., Быкова Н.П. Ультразвук источников промышленного, медицинского и бытового назначения и меры по ограничению его неблагоприятного воздействия на человека. *Здоровье и окружающая среда*. 2012; 21: 199–206.
2. Завьялов А.Ю., Старжинский В.Н. Ультразвуковое излучение при работе деревообрабатывающего оборудования. *Леса России и хозяйство в них*. 2013; 4 (47): 43–45.
3. Прокопенко Л.В., Кравченко О.К., Чекмарева Л.О. Современные гигиенические требования к условиям труда медицинских работников, выполняющих ультразвуковые исследования. *Мед. труда и пром. экол.* 2007; 8: 34–39.
4. Савченко А.С., Вострикова А.Н. Влияние ультразвука на организм человека. *Актуальные проблемы науки и техники. Сборник статей научной международной студенческой конференции*. Воронеж, 24 октября 2018: 6–9.
5. Венцель В.Д., Зоря С.О. Анализ воздействия ультразвука на работников в медицинских учреждениях г. Омска. *Россия молодая: передовые технологии — в промышленность*. 2013; 3: 99–100.
6. Косарев В.В., Бабанов С.А. Патология, вызываемая ультразвуком. *Consilium Medicum*. 2009; 11(6): 19–20.
7. Суворов Н.Б. Некоторые аспекты влияния ультразвуковой диагностической аппаратуры на организм врача. *Экология человека*. 2005; 9: 57–60.
8. Прокопенко Л.В., Курьеров Н.Н., Кравченко О.К. Разработка регламентов безопасного воздействия ультразвука на работников при воздушном и контактном способе передачи на основе современных подходов к нормированию виброакустических факторов. *Актуальные проблемы медицины труда. Сборник трудов института*. М.; 2015, 237–51.
9. Филиппова О.С., Чистякова И.В. Об измерениях и гигиенической оценке контактного ультразвука при исследовании в медицине и звукового давления от бытовых приборов. *Сборник «Актуальные вопросы организации и надзора за физическими факторами»*. Материалы ВНПК под редакцией А.Ю. Поповой. 2017; 5: 440–4.
10. Прокопенко Л.В., Курьеров Н.Н., Кравченко О.К. Контактный ультразвук: решение проблемы контроля на рабочих местах. *Мед. труда и пром. экол.* 2015; 9: 121.
11. Цукерников И.Е., Шубин И.Л., Невенчанная Т.О. Новые правила нормирования акустических факторов на рабочих местах и проектирования защиты от повышенного шума. *Сборник трудов VI Всероссийская НПК с международным участием «Защита от повышенного шума и вибрации»*. СПб, 21–23 марта 2017: 25–37.

REFERENCES

1. Solov'eva I.V., Zaporozhchenko A.A., Khudnitskiy S.S., Bykova N.P. Ultrasound of industrial, medical and domestic sources and measures to limit its adverse effects on humans. *Zdorov'e i okruzhayushaya sreda*. 2012; 21: 199–206 (in Russian).
2. Zav'yalov A.YU., Starzhinskiy V.N. Ultrasonic radiation during the work of woodworking equipment. *Lesa Rossii i khozyajstvo v nikh*. 2013; 4 (47): 43–5. (in Russian).
3. Prokopenko L.V., Kravchenko O.K., Chekmareva L.O. Modern hygienic requirements to working conditions of medical workers performing ultrasound examinations. *Med. truda i prom. ecol.* 2007; 8: 34–39. (in Russian).
4. Savchenko A.S., Vostrikova A.N. The effect of ultrasound on the human body. *Aktual'nye problemy nauki i tekhniki. Sbornik statej nauchnoj mezhdunarodnoj studencheskoj konferentsii*. 2018; 6–9 (in Russian).
5. Ventsel' V.D., Zorya S.O. Analysis of the impact of ultrasound on workers in medical institutions of Omsk. *Rossiya molodaya: peredovye tekhnologii — v promyshlennost'*. 2013; 3: 99–100 (in Russian).
6. Kosarev V.V., Babanov S.A. Pathology caused by ultrasound. *Consilium Medicum*. 2009; 11(6): 19–20. (in Russian).
7. Suvorov N.B. Some aspects of the influence of ultrasonic diagnostic equipment on the doctor's body. *Ehkologiya cheloveka*. 2005; 9: 57–60 (in Russian).
8. Prokopenko L.V., Kur'ev N.N., Kravchenko O.K. Development of regulations for the safe impact of ultrasound on workers in the air and contact transmission method based on modern approaches to the regulation of vibroacoustic factors. *Aktual'nye problemy meditsiny truda. Sbornik trudov instituta*. M.; 2015: 237–51 (in Russian).
9. Filippova O.S., Chistyakova I.V. On measurements and hygienic assessment of contact ultrasound in the study of medicine and sound pressure from household appliances. *Sbornik «Aktual'nye voprosy organizatsii i nadzora za fizicheskimi faktorami»*. Materialy VNPk pod redaktsiej A.Yu. Popovoj. 2017; 5: 440–4 (in Russian).
10. Prokopenko L.V., Kur'ev N.N., Kravchenko O.K. Contact ultrasound: the solution to the problem of control in the workplace. *Med. truda i prom. ecol.* 2015; 9: 121 (in Russian).
11. Tsukernikov I.E., Shubin I.L., Nevenchannaya T.O. New rules to limit acoustic factors in the workplace and designing protection from high noise levels. *Sbornik trudov VI Vserossiyskaya NPK s mezhdunarodnym uchastiem «Zashhita ot povyshennogo shuma i vibratsii»*. SPb., 21–23 March, 2017: 25–37 (in Russian).

Дата поступления / Received: 31.05.2019

Дата принятия к печати / Accepted: 02.08.2019

Дата публикации / Published: 26.08.2019