

ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья»  
Отдел комплексной гигиенической оценки физических факторов

# Современные методики измерения инфразвука, ультразвука и шума

Скляр Д.Н. - младший научный сотрудник

# Методики измерения инфразвука:

1. МИ И.ИНТ-03.01-2018 ЭКВИВАЛЕНТНЫЙ ОБЩИЙ УРОВЕНЬ ЗВУКОВОГО ДАВЛЕНИЯ. МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ ЭКВИВАЛЕНТНОГО ОБЩЕГО УРОВНЯ ЗВУКОВОГО ДАВЛЕНИЯ (ПАРАМЕТРОВ ИНФРАЗВУКА) ДЛЯ ЦЕЛЕЙ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ ТРУДА.
2. МИ ПКФ-14-016 «Методика измерений уровней звукового давления в инфразвуковом диапазоне на рабочих местах в производственных помещениях и на территории»
3. МИ ПКФ-14-012 «Методика измерений уровней звукового давления в инфразвуковом диапазоне частот в помещениях жилых и общественных зданий»

# МИ И.ИНТ-03.01-2018

Первой особенностью методики Клинского института, является деление всего нормативного интервала измерения минимум на 4 составляющих интервала, каждый из которых по длительности не менее 15 минут, что отличается от подхода, когда для измерения выделялись временные промежутки связанные с операциями.

В методике уточняются требования к условиям окружающей среды при проведении измерений, а именно: не допускается проведение измерений при наличии осадков, при скорости ветра более 1 м/с следует использовать ветрозащиту, при скорости ветра более 5 м/с, проведение измерений не допускается.

Отмечается, что при резком изменении состояния окружающей среды, шумомер нужно выдержать в новых условиях не менее получаса.

# МИ И.ИНТ-03.01-2018

Отмечена необходимость проверки калибровки шумомера, но не уточнено когда именно ее надо проводить и допускается возможность проведения измерений без проверки калибровки при учете дополнительных погрешностей связанных с влиянием внешних факторов.

Точки измерения выбираются в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9612 для рабочих мест и ГОСТ 20444 для транспортных потоков.

Измерения проводятся на временной характеристике шумомера «Медленно», с частотной коррекцией «Лин». На каждом интервале должно быть проведено не менее трех измерений, причем различия между значениями не должно превышать 3 дБ. Если это условие не выполняется, то проводятся дополнительные измерения с учетом внешних помех.

# МИ И.ИНТ-03.01-2018

Эквивалентные значения уровней инфразвука рассчитываются как средневзвешенные уровни звукового давления составляющих интервалов.

Длительность рабочей смены принята равной 8 часам.

Расчет неопределенности проводится по алгоритму описанному в ГОСТ Р ИСО 9612.

# МИ ПКФ-14-016

Не допускается проведение измерений при наличии осадков, при скорости ветра более 1 м/с следует использовать ветрозащиту, при скорости ветра более 5 м/с, проведение измерений не допускается, при резком изменении условий окружающей среды шумомер необходимо выдержать в новых условиях не менее получаса.

Стоит отметить, что согласно методики атмосферное давление можно взять по данным метеослужбы.

Отмечена необходимость проверки калибровки шумомера в соответствии с руководством по эксплуатации.

# МИ ПКФ-14-016

Контрольные точки выбирают в либо на рабочем месте, либо если рабочее место не стационарное в помещениях правильной формы до 50 кв м допускается выбирать одну контрольную точку в центре помещения. В общем случае, в трёх равномерно распределенных по помещению точках, расстояние между точками должно быть 5-10 м. При измерениях обязательно использование штатива, высота установки микрофона  $1,5 \pm 0,075$  м. Микрофон направляют в сторону источника ультразвука, которое определяется по максимальному значению уровня в фильтре F1 при продолжительности измерения не менее 60 с. Оператор должен находиться на расстоянии минимум 0,5 метра от микрофона.

Измерения проводятся с использованием фильтра F1 в режиме «Медленно». Минимальная продолжительность измерения в контрольной точке 3 минуты, при этом за последние 10 с показания эквивалентных уровней в фильтрах 2, 4, 8, 16 и F1 не должны отличаться более чем на 0,2 дБ.

# МИ ПКФ-14-016

Общее количество замеров не менее 5.

По результатам измерений рассчитывают эквивалентный уровень звукового давления на периоде воздействия.

Пересчет эквивалентного уровня на продолжительность рабочей смены проводится по стандартной формуле из ГОСТ Р ИСО 9612.

Неопределенность измерений задана в самой методике и не требует расчета.



# МИ ПКФ-14-012

Не допускается проведение измерений при наличии осадков, при скорости ветра более 1 м/с следует использовать ветрозащиту, при скорости ветра более 5 м/с, проведение измерений не допускается, при резком изменении условий окружающей среды шумомер необходимо выдержать в новых условиях не менее получаса. Стоит отметить, что согласно методики атмосферное давление можно взять по данным метеослужбы.

Согласно методике в помещениях правильной формы до 50 кв м допускается выбирать одну контрольную точку в центре помещения. В общем случае, выбирают точку в которой уровень инфразвука максимален, либо равномерно распределяют как минимум три точки по помещению, так чтобы расстояние между ними было 5-10 м.

# МИ ПКФ-14-012

При измерениях обязательно использование штатива, высота установки микрофона  $1,5 \pm 0,075$  м.

Микрофон направляют в сторону источника ультразвука, которое определяется по максимальному значению уровня в фильтре F1 при продолжительности измерения не менее 60 с.

Оператор должен находиться на расстоянии минимум 0,5 метра от микрофона. Измерения проводятся с использованием фильтра F1 в режиме «Медленно».

Минимальная продолжительность измерения в контрольной точке 3 минуты, при этом за последние 10 с показания эквивалентных уровней в фильтрах 2, 4, 8, 16 и F1 не должны отличаться более чем на 0,2 дБ. Общее количество замеров не менее 5. В методике не приводится процедура расчета эквивалентного уровня непостоянного инфразвука на опорный временной интервал. Неопределенность измерений задана в самой методике и не требует расчета.

# Методики прямых однократных измерений.

Для измерения эквивалентного уровня инфразвука в методиках ООО «НПФ ЭлектронДизайн» применяются фильтры F1 и G. В методике ООО «НТМ Защита» применяются фильтры Z1 и G. Стоит отметить, что все эти фильтры охватывают более широкий диапазон, чем указано в СанПиН 1.2.3685-21

# Сравнение фильтров инфразвукового диапазона

Частота, Гц	Сигнал, дБ	G (ISO), дБ	FI (Октава), дБ	ZI (Ассистент), дБ	Лин., дБ
1,6	60	27,4	60	60	0
2	60	31,7	60	60	64,8
2,5	60	35,9	60	60	0
3,15	60	40	60	60	0
4	60	44	60	60	64,8
5	60	48	60	60	0
6,3	60	52	60	60	0
8	60	56	60	60	64,8
10	60	60	60	60	0
12,5	60	64	60	60	0
16	60	67,7	60	60	64,8
20	60	69	60	60	0
25	60	63,7	60	56,5	0
31,5	60	56	60	0	0
40	60	48	60	0	0
Экв. уровень, дБ	71,8	73,2	71,8	71	70,8

# Методики измерения воздушного ультразвука:

1. ГОСТ 12.4.077-79. УЛЬТРАЗВУК Метод измерения звукового давления на рабочих местах. Данная методика предназначена для проведения измерений в производственных условиях на рабочих местах.
2. ГОСТ 12.1.001-89 УЛЬТРАЗВУК Общие требования безопасности.
3. МИ УВ.ИНТ-04.01-2018 УРОВЕНЬ ЗВУКОВОГО ДАВЛЕНИЯ. МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ УРОВНЯ ЗВУКОВОГО ДАВЛЕНИЯ (ПАРАМЕТРОВ УЛЬТРАЗВУКА ВОЗДУШНОГО) ДЛЯ ЦЕЛЕЙ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ ТРУДА.

# ГОСТ 12.4.077-79

Микрофон устанавливается на уровне уха работника, на расстоянии 5 см от него, и на расстоянии 0,5 метра от оператора, микрофон должен быть направлен в сторону источника.

Измерение уровней воздушного ультразвука следует проводить при типовых условиях эксплуатации оборудования, характеризующихся наибольшим уровнем ультразвука.

Измерения необходимо проводить в частотном диапазоне с верхней граничной частотой не ниже рабочей частоты источника.

Временная характеристика шумомера на которой проводятся измерения, в данной методике не регламентируется.

Длительность проведения однократного измерения в данной методике не регламентируется.

# ГОСТ 12.4.077-79

В точке проводят не менее трех измерений, результатом является среднее значение.

При расчете среднего, стоит помнить, что усреднение логарифмических величин отличается от среднего арифметического.

В данной методике отсутствуют требования расчета и учета неопределенности измерений.

# ГОСТ 12.1.001-89

Измерения нужно проводить на временной характеристике шумомера «Медленно», с применением частотной коррекции «Лин».

При выполнении работ в позе стоя микрофон должен располагаться на высоте 1,5 м от уровня основания (пола, площадки), на котором при выполнении работы стоит работающий, или на уровне его головы, если работа выполняется сидя, на расстоянии 5 см от уха работника и на расстоянии не менее 50 см от оператора.

Измерение уровней воздушного ультразвука следует проводить при типовых условиях эксплуатации оборудования, характеризующихся наибольшим уровнем ультразвука.

Измерения нужно проводить не менее трех раз в каждой третьоктавной полосе, независимо от рабочей частоты источника.



# МИ УВ.ИНТ-04.01-2018

Нормативный интервал измерения делится минимум на 4 составляющих интервала, каждый из которых по длительности не менее 15 минут.

Не допускается проведение измерений при наличии осадков, при скорости ветра более 1 м/с следует использовать ветрозащиту, при скорости ветра более 5 м/с, проведение измерений не допускается.

Стоит обратить внимание, что при проведении измерений воздушного ультразвука, вообще не рекомендуется применение ветрозащиты, так как она вносит очень большие искажения в результаты измерений на высоких частотах.

При резком изменении состояния окружающей среды, шумомер нужно выдержать в новых условиях не менее получаса.

# МИ УВ.ИНТ-04.01-2018

Отмечена необходимость проверки калибровки шумомера, но не уточнено когда именно ее надо проводить и допускается возможность проведения измерений без проверки калибровки при учете дополнительных погрешностей связанных с влиянием внешних факторов.

Микрофон устанавливают на расстоянии 5 см от уха работника и 0,5 метра от оператора, в направлении источника.

На каждом интервале должно быть проведено не менее трех измерений суммарной продолжительностью не менее 15 минут, различия между измеренными значениями не должны превышать 3 дБ. Если это условие не выполняется, то проводятся дополнительные измерения с учетом внешних помех.

# МИ УВ.ИНТ-04.01-2018

Эквивалентные значения уровней ультразвука пересчитываются с учетом времени воздействия в течении смены.

Расчет неопределенности проводится по алгоритму описанном в ГОСТ Р ИСО 9612.

Стоит обратить внимание на отсутствие требований на какой частоте проводятся измерения.

Для измерения ультразвука не подходят капсулы ВМК-205, МК-265, МК-201. С использованием капсул МК-233 и М-201 можно проводить измерения до 40 кГц, до 100 кГц позволяют измерять только микрофоны МК301, 4135, ВМК-401.

Довольно часто встречается ошибка, когда проводят измерения воздушного ультразвука с использованием микрофонов для измерения инфразвука и шума.

# Соответствие микрофонов диапазонам измеряемых частот

Модель	Режим измерения	Комплектация	Номинальная чувств-ть, $S_{\text{ном}}$ , мВ/Па	Максимальная 1/3-октавная полоса частот	Диапазон измерения УЗД при номин. чувств-ти, дБ	Погрешность измерения, не более, дБ		
ОКТАВА-110А-ЭКО	ЭкоЗвук-110А	- ИИБ ОКТАВА-110А-ЭКО, или ОКТАВА-110А, или ИБ ЭКОФИЗИКА-D, или ЭКОФИЗИКА-D (Белая) - ИМ 110А или HF - Предусилитель P200 - Кабель EXC00XR (для ИМ 110А - опция)		20 кГц	Диапазон измерения делится на три поддиапазона	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Для <i>непереходных процессов (стационарных, медленно меняющихся)</i>: <math>L_{\text{max}} - L_{\text{min}} + 5 \text{ дБ} \leq L_p \leq L_{\text{max}} - 5 \text{ дБ}</math>; <math>\pm 0,7</math> дБ, где <math>L_{\text{max}}</math> – верхний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД, <math>L_{\text{min}}</math> – нижний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД.</li> <li>• В <i>полном линейном рабочем диапазоне измерения УЗД</i>: <math>\pm 1,0</math> дБ</li> </ul>		
ОКТАВА-110А	Звук+							
ЭКОФИЗИКА-110А	ЭкоЗвук		- Микрофон ВМК-205 (МК-265, МК-221)				50	11 – 139
ЭКОФИЗИКА-110А (Белая)	ЭкоЗвук-ЭФБ-110А		- Микрофон М-201, МК-233				14	22 – 150
ЭКОФИЗИКА-110А	Анализ-Х-HF	- ИБ ЭКОФИЗИКА-D или ЭКОФИЗИКА-D (Белая) - ИМ 110А или HF - Предусилитель P200 - Кабель EXC00XR (для ИМ 110А - опция)		40 кГц	Диапазон измерения делится на три поддиапазона	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Для <i>непереходных процессов (стационарных, медленно меняющихся)</i>: <math>L_{\text{max}} - L_{\text{min}} + 5 \text{ дБ} \leq L_p \leq L_{\text{max}} - 5 \text{ дБ}</math>; <math>\pm 0,7</math> дБ, где <math>L_{\text{max}}</math> – верхний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД, <math>L_{\text{min}}</math> – нижний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД.</li> <li>• В <i>полном линейном рабочем диапазоне измерения УЗД</i>: <math>\pm 1,0</math> дБ</li> </ul>		
ЭКОФИЗИКА-110А	Ультразвук-40к							
ЭКОФИЗИКА-110А (Белая)	Ультразвук 40кГц		- Микрофон М-201, МК-233				14	22 – 150
ОКТАВА-110А	Ультразвук+ 1/3-октавный анализатор МІС		- Микрофон МК301, МК401				5	31 – 159
	1/3-октавный анализатор МХУZ	- Микрофон ВМК-401	1,7	40 – 168				
ЭКОФИЗИКА-110А	Ультразвук-100к	- ИИБ ЭКОФИЗИКА-110А (HF или HF-Белая) - Предусилитель P200 (вход МІС/HF)			Диапазон измерения делится на три поддиапазона	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Для <i>непереходных процессов (стационарных, медленно меняющихся)</i>: <math>L_{\text{max}} - L_{\text{min}} + 5 \text{ дБ} \leq L_p \leq L_{\text{max}} - 5 \text{ дБ}</math>; <math>\pm 0,7</math> дБ, где <math>L_{\text{max}}</math> – верхний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД, <math>L_{\text{min}}</math> – нижний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД.</li> <li>• В <i>полном линейном рабочем диапазоне измерения УЗД</i>: <math>\pm 1,0</math> дБ</li> </ul>		
ЭКОФИЗИКА-110А (Белая)	Ультразвук 100кГц		- Микрофон МК401, 4136	5			63 кГц	47 – 159
			- Микрофон МК301, 4135				100 кГц	
		- Микрофон ВМК-401	1,7	100 кГц	56 – 168			

# Современные методики измерения шума в жилых и общественных зданиях и на территории жилой застройки:

1. МУК 4.3.3722-21 КОНТРОЛЬ УРОВНЯ ШУМА НА ТЕРРИТОРИИ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ, В ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ И ПОМЕЩЕНИЯХ.

# МУК 4.3.3722-21

Перед проведением измерений шума на открытом воздухе следует определять метеорологические условия (скорость ветра, температуру воздуха, влажность, атмосферное давление) по официальным данным метеослужбы либо с помощью соответствующих средств измерений, имеющих действующие свидетельства о поверке. Измерения шума на открытой территории не должны проводиться во время выпадения атмосферных осадков и при скорости ветра более 5 м/с. При скорости ветра от 1 до 5 м/с следует применять ветрозащитное устройство. Измерения уровней шума в помещениях не должны проводиться при выпадении дождя, наличии капли и порывах ветра более 7 м/с, если это создает акустические помехи.

# МУК 4.3.3722-21

В жилых помещениях и общественных зданиях, нормативные параметры микроклимата которых обеспечиваются эксплуатирующими организациями, конкретными показателями внешних (микроклиматических) условий считаются значения допустимых уровней параметров микроклимата в соответствии с санитарно-эпидемиологическими требованиями для данных категорий помещений при условии, что они попадают в рабочий диапазон используемого средства измерений.

При измерениях уровней шума рекомендуется нахождение в помещении только персонала, проводящего измерения. Наблюдатели, при необходимости их присутствия, должны соблюдать полную тишину, не производить действий, мешающих проведению измерений, в том числе несанкционированной фото-, видео- и аудиофиксации, и находиться на расстоянии не менее 2 м от микрофона.



# МУК 4.3.3722-21

Должны быть выключены все бытовые источники шума.

Измерения шума в помещениях жилых и общественных зданий проводятся не менее чем в 3 точках, равномерно распределенных по помещению, не ближе 1 м от стен и не ближе 1,5 м от окон.

Допускается проведение измерения шума в одной точке в помещении площадью менее 20 м<sup>2</sup>.

Микрофон устанавливают на высоте  $1,5 \pm 0,075$  м от уровня опорной поверхности.

Микрофон шумомера должен быть направлен в сторону основного источника шума и удален не менее чем на 0,5 м от человека, проводящего измерения.

Если невозможно определить основной источник шума, микрофон должен быть направлен вертикально вверх.

# МУК 4.3.3722-21

Продолжительность измерений не менее 15 минут, но может быть уменьшена, если значение измеряемого параметра стабилизировалось, его изменение за последнюю минуту не превышает 0,5 дБ и изменение характера измеряемого шума исключено.

Если суммарный уровень шума не превышает нормативных значений, то фоновый уровень можно не измерять.

Измерения уровня шума проводят в дневное или в ночное время суток в зависимости от режима работы оборудования.

При проведении измерений уровней шума в необорудованных (немеблированных) помещениях из полученного при измерении значения уровней звука (звукового давления) в дБА (дБ) вычитается поправка 2 дБ (дБА).

# МУК 4.3.3722-21

При круглосуточной эксплуатации оборудования в одном и том же рабочем режиме измерения можно проводить в любое время суток, если это позволяет фоновый уровень.

Обязательно проводят измерения в ночное время если разница между уровнями фонового шума и работой источника менее 10 дБ; отсутствует возможность отключения источника шума для измерения фоновых величин (например, работа ТЭЦ, ТП и т.д.) или в случае измерения суммарного шума; проводятся измерения транспортного шума (автомобильный, авиационный, железнодорожный транспорт, в том числе метро, трамваи и т.п.), т.к. это связано с другой интенсивностью и составом транспортного потока в ночное время суток.

# МУК 4.3.3722-21

Измерения непостоянного шума проводятся в период наиболее интенсивной работы источника в дневное и (или) ночное время суток.

Измеряются эквивалентные и максимальные уровни звука на характеристике "медленно".

Для импульсного шума измеряются максимальные уровни звука на характеристиках "медленно" и "импульс"

# МУК 4.3.3722-21

Подробно рассмотрены процессы измерения шума в различных случаях и от различного внутридомового оборудования: в помещениях от лифтового оборудования, мусоропроводов, от звуковоспроизводящей и звукоусилительной аппаратуры, от трансформаторных подстанций, тепловых пунктов, элеваторных узлов, электрощитовых, холодильного оборудования предприятий торговли, от передвижения тележек в помещениях торговых объектов, от вентиляционных установок. При этом имеется расплывчатость формулировок в описании выбора точек измерения.

Подробно описаны процессы измерения на территории жилой застройки авиационного шума, шума от строительных работ, при определении санитарно-защитной зоны промышленного предприятия.

Благодарю за внимание!