ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 54418.11 — 2012

Возобновляемая энергетика. Ветроэнергетика

УСТАНОВКИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ

Часть 11

Методы измерения акустического шума

IEC 61400-11:2006
Wind turbine generator systems - Part 11:
Acoustic noise measurement techniques
(MOD)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2014

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Открытым акционерным обществом «Научно-исследовательский институт энергетических сооружений» (ОАО «НИИЭС») на основе собственного аутентичного перевода на русский язык международного стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом ТК 330 «Процессы, оборудование и энергетические системы на основе возобновляемых источников энергии»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20 сентября 2012 г. № 379-ст

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту МЭК 61400-11:2006 «Системы турбогенераторные ветровые. Часть 11. Способы измерения акустического шума» (IEC 61400-11:2006 «Wind turbine generator systems – Part 11: Acoustic noise measurement techniques») путем изменения отдельных фраз, выделенных в тексте курсивом, и введения ссылок на национальные стандарты.

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5–2004 (пункт 3.5)

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Правила применения настоящего стандарта установлены в ГОСТ Р 1.0—2012 (раздел 8). Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок – в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (gost.ru)

© Стандартинформ, 2014

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения.....1
2 Нормативные ссылки.....1
3 Термины, определения и обозначения..... 2
4 Обозначения..... 3
5 Описание метода.....4
6 Измерительные средства.....5
6.1 Оборудование для акустических измерений..... 5
6.2 Оборудование для измерения параметров ВЭУ и ветра.....5
6.3 Требование к калибровке оборудования..... 6
7 Измерения и измерительные процедуры.....6
7.1 Точки установки измерительного оборудования.....6
7.2 Акустические измерения.....7
7.3 Измерения атмосферных условий..... 8
8 Способы преобразования данных.....10
8.1 Скорость ветра..... 10
8.2 Коррекция влияния фонового шума.....11
8.3 Уровни звуковой мощности.....11
8.4 Уровни частот в одну треть октавы.....12
8.5 Тональность.....12
8.6 Направленность (при необходимости)..... 14
9 Регистрируемая (представляемая) информация.....14
9.1 Информация, характеризующая ВЭУ.....14
9.2 Данные об окружающей среде.....15
9.3 Средства измерений.....15
9.4 Акустические данные.....15
9.5 Данные по измерению атмосферных условий.....16
9.6 Неопределенность.....16
Приложение А (справочное). Другие возможные характеристики шума ВЭУ и их значения.....26
Приложение В (справочное). Требования к записывающему воспроизводящему оборудованию.....27
Приложение С (справочное). Оценка интенсивности турбулентности.....28
Приложение D (справочное). Оценка погрешности измерения..... 29
Библиография..... 31

Введение

Целью настоящего стандарта является установление единообразия методологии, обеспечивающей совместимость и точность измерений и анализ акустического излучения, возникающего при работе ветроэнергетических установок. Стандарт разработан для использования:

- изготовителем ветроэнергетических установок для выполнения требований к характеристикам акустического излучения;
- потребителем ветроэнергетических установок для анализа этих требований;
- оператором ветроэнергетических установок для проверки выполнения установленных параметров акустических характеристик ветроэнергетических установок;
- при анализе соответствия параметров ветроэнергетических установок экологическим требованиям.

Стандарт является руководящим документом при проведении измерений, анализа и представления данных комплексных акустических излучений ветроэнергетических установок. Стандарт следует использовать при разработке, изготовлении, монтаже и эксплуатации ветроэнергетических установок. Рекомендованные в стандарте методы измерения и анализа предназначены для использования всеми заинтересованными сторонами в целях согласованного взаимодействия в части обеспечения экологических требований.

Стандарт определяет методы измерений акустических измерений и представление данных для получения точных и воспроизводимых данных

.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Возобновляемая энергетика. Ветроэнергетика
УСТАНОВКИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ
Часть 11
Методы измерения акустического шума

Renewable power engineering. Wind power engineering. Wind turbines. Part 11.
Acoustic noise measurement techniques

Дата введения — 2014— 01—01

1 Область применения

В настоящем стандарте рассмотрены методы измерения шумового излучения от работающих ветроэнергетических установок (ВЭУ).

Данные методы измерения позволяют оценить шумовое излучение в непосредственной близости от ВЭУ и исключить ошибки, связанные с распространением звука. Рассмотренные методы измерения шума во многом отличаются от общепринятых методов измерения шума. Они предназначены для оценки характеристики шума ВЭУ в зависимости от значений скорости и направления ветра. Стандартизация измерительных методов позволит облегчить сравнение различных типов ВЭУ *по излучаемому шуму*.

Методы измерения позволяют замерять звуковое излучение одной ВЭУ и обеспечивать точность результатов измерений.

Методы измерения включают в себя:

- выбор размещения точек акустических измерений;
- требование по измерению акустических, метеорологических и других данных, связанных с эксплуатацией ВЭУ;
- анализ полученных данных и содержание представляемых данных;
- определение специфических параметров акустического излучения в зависимости от метеорологических условий.

Настоящий стандарт не ограничивается ВЭУ определенного размера или типа. Методы, рассмотренные в настоящем стандарте, регламентируют замер излучаемого шума от любой ВЭУ. Если в некоторых случаях требуются измерения отдельных характеристик шумового излучения, то эти измерения проводят согласно соответствующим разделам настоящего стандарта.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 51237–98 Нетрадиционная энергетика. Ветроэнергетика. Термины и Определения

ГОСТ Р 51327–2010 (МЭК 61009–1:2006) Выключатели автоматические, управляемые дифференциальным током, бытового и аналогичного назначения со встроенной защитой от сверхтоков. Часть 1. Общие требования и методы испытаний

ГОСТ 8.153–75 Государственная система обеспечения единства измерений. Микрофоны измерительные конденсаторные. Методы и средства поверки

ГОСТ 8.257–84 Государственная система обеспечения единства измерений. Шумомеры. Методика поверки

ГОСТ 12.1.001–89 Система стандартов безопасности труда. Ультразвук. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.1.050–89 Система стандартов безопасности труда. Методы измерения шума на рабочих местах

Издание официальное

ГОСТ 6495–89 Микрофоны. Общие технические условия

ГОСТ 9908–75 Микрофоны. Требования к механическому креплению

ГОСТ 16123–88 Микрофоны. Методы измерений электроакустических параметров

ГОСТ 17168–82 Фильтры электронные октавные и третьоктавные. Общие Технические требования и методы испытаний

ГОСТ 17187–81 Шумомеры. Часть 1. Технические требования

ГОСТ 24855–2010 Преобразователи измерительные тока, напряжения, мощности, частоты, сопротивления аналоговые. Общие технические условия

ГОСТ 30683–2000 (ИСО 11204–95) Шум машин. Измерение уровней звукового давления излучения на рабочем месте и в других контролируемых точках. Метод с коррекциями на акустические условия

ГОСТ 31252–2004 (ИСО 3740:2000) Шум машин. Руководство по выбору метода определения уровней звуковой мощности

ГОСТ 31296.1–2005 Шум. Описание, измерение и оценка шума на местности. Часть 1. Основные величины и процедуры оценки

ГОСТ 31296.2–2006 Шум. Описание, измерение и оценка шума на местности. Часть 2. Определение уровней звукового давления

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения и обозначения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р 51327 и ГОСТ 31252, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **базовое расстояние R_0, м:** Номинальная величина горизонтального расстояния от центра основания ВЭУ до каждой из предписанных точек установки микрофона.

3.2 **базовая величина параметра шероховатости подстилающей поверхности z_{0ref}, м:** Базовая величина параметра 0,05 м, используемая для приведения скорости ветра к базовым условиям.

3.3 **базовая высота z_{ref}, м:** Высота 10 м, используемая для приведения скорости ветра к базовым условиям.

3.4 **корректированные по А или С уровни звукового давления L_A или L_C соответственно, дБ*:** Уровни звукового давления, измеренные посредством оценки плотности звукового спектра, корректированные по А или по С, в соответствии с ГОСТ 30683, ГОСТ 31296.1, ГОСТ 31296.2 и по [7].

3.5 **корректированный по *А* уровень звуковой мощности L_{WA} дБ**:** при звуковом давлении, излучаемого из центра ветроколеса в нижнем направлении, L_{WA} определяется для каждого целого значения величины скорости ветра от 6 до 10 м/с.

3.6 **критерий слышимости L_a, дБ*:** Частотно зависимая кривая, определяемая по результатам тестов заслушивания и отражающая субъективную чувствительность «типичного» слушателя к тонам различных частот.

3.7 **направленность Δi, дБ:** Разность величин уровней звукового давления, измеренных в точках измерения *2*, *3*, *4* и в базовой точке *1*, приведенных к одному расстоянию от оси ветроколеса ВЭУ (рисунок 3).

---

* При p_0 = 20 мкПа.

** При опорной звуковой мощности равной 1пВт

3.8 **стандартизованная скорость ветра V_s, м/с:** Скорость ветра, приведенная к базовым условиям (высота 10 м с погрешностью длины 0,05 м) с использованием логарифмического профиля.

3.9 **тональность ΔL_k, дБ:** Разность между уровнем тона и уровнем маскирующего шума в критической полосе вблизи тона для каждого целого значения скорости ветра k = 6, 7, 8, 9, 10.

3.10 **тональная слышимость ΔL_{Ak}, дБ:** Разность между тональной слышимостью для каждого целого значения скорости ветра k = 6, 7, 8, 9, 10 с частотной корректировкой по A.

3.11 **уровень звукового давления излучения L_p, дБ:** Десятикратный десятичный логарифм, при основании равном десяти, отношения квадрата звукового давления излучения, измеренного с определенными
переменной и частотной характеристиками шумомера, выбранными из числа установленных в соответствии с ГОСТ 17187 и по [7], к опорному звуковому давлению при опорном давлении p_0 =20 мкПа.

3.12 **угол наклона ϕ, град:** Угол между плоскостью микрофонного стола и линией от микрофона к центру ветроколеса.

4 Обозначения

D – диаметр ветроколеса (ВЭУ с горизонтальной осью вращения) или экваториальный диаметр (ВЭУ с вертикальной осью вращения)..... м;

H – высота до оси ветроколеса (ВЭУ с горизонтальной осью вращения) или до экваториальной плоскости (ВЭУ с вертикальной осью вращения) над уровнем земли в точке расположения ветроустановки..... м;

L_A или L_C – уровни звукового давления, корректированные по частотным характеристикам A или C..... дБ;

$L_{Aeq,k}$ – эквивалентная непрерывная величина уровня звукового давления, корректированного по A, для каждого целого значения скорости ветра k = 6, 7, 8, 9, 10..... дБ;

$L_{Aeq,c,k}$ – эквивалентная непрерывная величина уровня звукового давления, корректированная по A и по уровню фонового шума, для каждого целого значения скорости ветра k и приведенная к базовым условиям, где k = 6, 7, 8, 9, 10..... дБ;

$L_{Aeq,i}$ – эквивалентное непрерывное значение уровня звукового давления в точке i с учетом фонового шума, где i = 1, 2, 3 или 4, корректированного по A..... дБ;

L_n – эквивалентное непрерывное значение уровня звукового давления фонового шума..... дБ;

$L_{pn,j,k}$ – уровень звукового давления маскирующего шума в критической полосе j спектра для каждого целого значения скорости ветра k, при этом j = 1 – 12, а k = 6, 7, 8, 9, 10..... дБ;

$L_{pn,avg,j,k}$ – средняя аналитическая полоса частот уровней звукового давления маскирующего шума в спектре j для каждого целого значения скорости ветра k, при этом j =1 – 12, а k = 6, 7, 8, 9, 10..... ддБ;

$L_{pt,j,k}$ – уровень звукового давления тона или тонов в спектре j для каждого целого значения величины скорости ветра k, при этом j = 1 – 12, а k = 6, 7, 8, 9, 10..... дБ;

L_s – эквивалентный уровень звукового давления только шума ВЭУ..... дБ;

L_{s+n} – эквивалентный непрерывный уровень звукового давления ВЭУ и фонового шума..... дБ;

$L_{WA,k}$ – уровень звуковой мощности, при этом k = 6, 7, 8, 9, 10..... дБ;

P_m – измеренная величина электрической мощности..... Вт;

P_n – нормализованная величина электрической мощности..... Вт;

R_i – расстояние от центра ветроколеса до фактической точки измерения i, при этом i = 1, 2, 3 или 4..... м;

R_0 – базовое расстояние..... м;

S_0 – базовая площадь, S_0 =1 м^2..... м^2;

T_C – температура воздуха..... ^{o}C;

T_K – температура воздуха..... ^{o}K;

U_A, U_B – компоненты неопределенности..... дБ;

V_H – скорость ветра на высоте ветроколеса..... м/с;

V_n – скорость ветра по показаниям анемометра..... м/с;

V_z – скорость ветра на высоте z..... м/с;

V_s – стандартизованная величина скорости ветра..... м/с;

f – частота тона..... Гц;

f_c – центральная частота критической полосы..... Гц;
p – атмосферное давление..... кПа;
z_0 – параметр шероховатости подстилающей поверхности..... м;
z_{0ref} – базовый параметр шероховатости подстилающей поверхности, 0,05 м..... м;
z – высота размещения анемометра..... м;
z_{ref} – базовая высота измерения скорости ветра, 10 м..... м;
β – угол, используемый для допустимого расположения мачты анемометра..... град;
к – отношение стандартизованной скорости ветра к измеренной.....
Δ_i – направленность на точку i, где i = 2, 3 или 4..... дБ;
$\Delta_{Ltn,j,k}$ – тональность спектра j для каждого целого значения скорости ветра k, при этом j = 1...12, а k = 6, 7, 8, 9, 10..... дБ;
ϕ – угол наклонения между плоскостью микрофонного стола и линией от микрофона к центру ветроколеса..... град.

5 Описание метода

В настоящем стандарте приведены методы, используемые при измерениях, анализе и представлении данных акустического излучения ВЭУ. Изложены требования к средствам измерения и калибровке для обеспечения точности и совместимости измерения акустических и неакустических характеристик.

Рассмотрены также неакустические измерения, зависящие от атмосферных условий при определении акустических излучений. Показаны все измеряемые и представляемые параметры, а также методы преобразования, необходимые для получения этих параметров.

Описанный в настоящем стандарте метод обеспечивает определение уровня звукового давления, скорректированного по *A*.

Рассчитаны спектры и тональности для целых значений величины скорости ветра от 6 до 10 м/с для конкретного типа ВЭУ. При необходимости может быть определена направленность акустического излучения.

Измерения проводят непосредственно вблизи ВЭУ для минимизации влияния особенностей почвы, атмосферных условий и шумов, создаваемых ветром. В зависимости от размеров испытуемой ВЭУ используют базовый параметр R_0, приведенный к размеру ВЭУ.

Измерение осуществляется с помощью микрофонов, размещенных на микрофонном столе, установленном непосредственно на землю для снижения влияния шума ветра и особенностей рельефа почвы.

Измерения уровней звукового давления и скорости ветра осуществляют одновременно в течение определенного (ограниченного) промежутка времени в широком диапазоне значений скорости ветра. Измеряемые значения скорости ветра приводят к значениям, соответствующим базовой высоте 10 м определенной с погрешностью не более 0,05 м. Звуковые показатели определяют для стандартизованных значений скорости ветра k = 6, 7, 8, 9 и 10 м/с с учетом коррекции по *A*.

При проверке соответствия фактического звукового излучения базовому/заявленному уровню шума должны быть выполнены верификационные измерения в диапазоне значений скорости ветра, принятых в соответствии с настоящим стандартом, при этом:

- должна быть определена среднегодовая величина скорости ветра на высоте 10 м с точностью не менее ± 1 м/с. Верификационные измерения должны быть выполнены не менее чем для трех целых значений скорости ветра и скорости 8 м/с (т. е., если средняя скорость ветра равна 4,8 м/с, то измерения должны быть сделаны для значений скорости ветра k = 4, 5, 6 и 8 м/с);
- если измерения показывают, что слышимые тона присутствуют при других значениях скорости ветра, данные измерения для этих значений скорости ветра также должны быть зарегистрированы (документированы). Если требуются значения акустических показателей при других значениях скорости ветра, то их измерение должно быть выполнено в соответствии с настоящим стандартом.

Направленность излучения определяется сравнением значения уровня звукового давления в трех дополнительных точках вокруг ВЭУ и значения, измеренного в базовой точке, скорректированной по *A*.

Справочные приложения включают в себя:

- другие возможные характеристики шума ВЭУ и их величины (приложение А);
- требования к записывающему/воспроизводящему оборудованию (приложение В);
- оценку интенсивности турбулентности (приложение С);
- оценку погрешности измерения (приложение D).

6 Измерительные средства

6.1 Оборудование для акустических измерений

Для выполнения акустических измерений в соответствии с настоящимстандартом необходимо следующее оборудование:

6.1.1 Оборудование для определения эквивалентного непрерывногоуровня звукового давления, корректированного по *А*

Оборудование должно отвечать требованиям к измерителю уровня звука в соответствии с ГОСТ 30683 и [9]. Диаметр микрофона должен быть не более 13 мм.

6.1.2 Оборудование для определения спектра полосы частот в одну треть октавы

Дополнительно к требованиям, предъявляемым к измерителям уровня звука, оборудование должно иметь постоянную чувствительность в диапазоне частот от 15 до 11200 Гц. Фильтры должны соответствовать требованиям ГОСТ 17168 и [11].

Эквивалентные непрерывные уровни звукового давления в полосах частот в одну треть октавы следует определять одновременно с центром частот от 50 Гц до 10 кГц. При измерении низкочастотных шумовых излучений ВЭУ необходимо расширить частотный диапазон в соответствии с указаниями приложения А.

6.1.3 Оборудование для определения узкополосного спектра

Оборудование должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.050 и [7] к измерительным средствам в диапазоне от 20 до 11200 Гц.

6.1.4 Микрофон с микрофонным столом и ветровым экраном

Микрофон должен быть смонтирован в центре плоской твердой плиты в соответствии с ГОСТ 9908, при этом диафрагма микрофона должна располагаться в нормальной к основанию плоскости, а ось микрофона должна быть направлена в сторону ВЭУ (см. рисунки 1 – 2). Основание должно быть круглой формы с диаметром не менее 1 м и выполнено из акустически жесткого материала, такого как фанера или древесно-стружечная плита толщиной не менее 12 мм или из металла толщиной не менее 2,5 мм. Для мягкой почвы рекомендуется плита большего размера. В исключительных случаях плита может быть составной, при этом части плиты должны быть расположены на одном уровне с зазором менее 1 мм, а линия раздела должна проходить в стороне от центра и параллельно оси микрофона (см. рисунок 1).

Ветрозащитный экран микрофона должен состоять из первичного, а в случае необходимости и из вторичного экрана. Первичный экран должен представлять собой полусферу из пенопласта с открытыми порами диаметром приблизительно 90 мм, центрированную по диафрагме микрофона (см. рисунок 2).

Вторичный экран может быть использован при необходимости обеспечения адекватного соотношения сигнала к шуму на низких частотах и при большой скорости ветра.

Вторичный экран, например, может представлять собой проволочный каркас олусферической формы, не менее 450 мм в диаметре, покрытый слоем пенопласта толщиной 13 – 25 мм с пористостью от 4 до 8 пор на 10 мм. Вторичный экран следует размещать симметрично над малым первичным экраном.

При использовании вторичного экрана его влияние на частотную чувствительность следует документировать и корректировать.

6.1.5 Акустический калибратор

Система акустических измерений, включающая в себя регистрирующее оборудование и вычислительные средства, должна проходить калибровку непосредственно перед и после серии измерений на одной или более частотах посредством акустического калибратора на микрофоне. Калибратор должен соответствовать требованиям ГОСТ 8.153 и ГОСТ 8.257, и его следует использовать при установленных в стандартах внешних воздействующих условиях.

6.1.6. Системы регистрации и воспроизведения

Система регистрации* и воспроизведения данных является необходимой частью измерительного оборудования*, вся цепочка измерительных средств должна соответствовать требованиям ГОСТ 17187, ГОСТ 6495, ГОСТ 17168, ГОСТ 16123, ГОСТ 12.1.001 и [4, 5, 7] в соответствии с приложением В.

6.2 Оборудование для измерения параметров ВЭУ и ветра**

---

* Пример системы регистрации и воспроизведения данных в соответствии с Приложением В.

** Оборудование для выполнения неакустических измерений.

6.2.1 Анемометры

Анемометр и оборудование для обработки его сигнала должно обеспечивать максимальное отклонение измеряемой величины на ± (0,2) м/с в диапазоне значений скорости ветра от 4 до 12 м/с. Оно должно быть в состоянии измерять среднюю скорость ветра в течение временных интервалов, синхронизированных с акустическими измерениями.

Поскольку встроенный анемометр ВЭУ калибруют на месте в процессе измерений, к нему не предъявляются требования по калибровке. Данные анемометра ВЭУ могут выдаваться системой управления ВЭУ. Встроенный анемометр недопустимо использовать при измерениях фонового шума.

6.2.2 Датчик электрической мощности

Датчик электрической мощности, включая преобразователи тока и напряжения должен, соответствовать требованиям ГОСТ 24855 и [8].

6.2.3 Датчик направления ветра

Погрешность датчика направления ветра должна быть в пределах ± 6°.

6.2.4 Другое измерительное оборудование

Для выполнения измерений необходимы камера и устройство для измерения расстояний. Температуру следует измерять с точностью ± 1°С, а атмосферное давление – с точностью ± 1 кПа.

6.3 Требования к калибровке оборудования

Оборудование, перечисленное ниже, должно регулярно проходить поверки и калибровки в специальных лабораториях имеющих стандартные эталоны.

Калибровку следует проводить в следующие сроки:

- акустические приборы.....1 раз в 12 мес;
- микрофон.....» » 24 мес;
- интегрированный измеритель уровня звука.....» » 24 мес;
- анализатор спектра.....» » 36 мес;
- система регистрации и воспроизведения данных.....» » 24 мес;
- анемометр.....» » 24 мес;
- датчик электрической мощности.....» » 24 мес.

Если акустические приборы калибруют как часть интегрированной системы измерения уровня звука, максимальный интервал между калибровками может быть увеличен до 24 мес.

После ремонта каждый элемент необходимо подвергать повторной калибровке.

7 Измерения и измерительные методы

7.1 Точки установки измерительного оборудования

Для определения полного шумового излучения ВЭУ измерительное оборудование должно быть установлено в точках согласно 7.1.1, 7.1.2.

7.1.1 Точки акустических измерений

Используют одну базовую и, при необходимости, три дополнительных точки установки микрофонов. Эти четыре точки должны быть расположены в определенном положении относительно оси мачты ВЭУ (см. рисунок 3). Точка, расположенная в подветренном положении, считается базовой точкой. Ее положение должно быть в пределах ± 15 ° относительно направления ветра во время измерений. Горизонтальное расстояние R_0 от вертикальной оси башни ВЭУ до каждого микрофона, как показано на рисунке 3, с погрешностью 20 %, должно быть измерено с точностью ± 2 %. Базовое расстояние R_0 от ВЭУ с горизонтальной осью вращения (рисунок 4a) определяют по формуле:

$$R_0 = H + \frac{D}{2}, \quad (1)$$

где H – расстояние по вертикали от земли до оси ветроколеса;

D – диаметр ветроколеса.

Базовое расстояние R_0 для ВЭУ с вертикальной осью вращения (рисунок 4b) определяют по формуле:

$$R_0 = H+D, \quad (2)$$

где H – вертикальное расстояние от земли до экваториальной плоскости вращения ветроколеса;

D – экваториальный диаметр ветроколеса.

Для минимизации влияния отражающей способности краев микрофонной плиты на результаты измерений плита должна быть расположена плотно на земле, выровнена по уровню земли, и все зазоры должны быть заполнены почвой. Угол наклона ϕ между плоскостью микрофонного стола и линией от микрофона к центру ветроколеса (рисунок 4) должен быть в

пределах между 25° и 40°. Это может потребовать изменения положения точек измерения в пределах, указанных выше.

Точка измерения должна быть выбрана таким образом, чтобы расчетное влияние любой отражающей конструкции, например стены или строения, не превышала значения 0,2 дБ.

7.1.2 Расположение точек измерения скорости и направления ветра

Анемометр и датчик направления ветра должны быть расположены с подветренной стороны ВЭУ на высоте между отметкой 10 м и оси ветроколеса. Датчик должен быть размещен на расстоянии от 2*D* до 4*D* от оси ветроколеса. Если скорость ветра определяют по методу 2 (7.3.12 настоящего стандарта), то допустимая область размещения датчика направления представлена на рисунке 5.

Угол β определяют по следующей формуле:

$$\beta = \frac{z - z_{\text{ref}}}{H - z_{\text{ref}}}(\beta_{\max} - \beta_{\max}) + \beta_{\min}, \quad (3)$$

где z – высота расположения анемометра (рисунок 6);

z_{ref} – базовая высота измерения скорости ветра; z_{ref} = 10 м;

H – высота от оси или экваториальной плоскости ветроколеса ВЭУ (рисунок 4);

$\beta_{\max}$ – максимальная величина угла β = 90°;

$\beta_{\min}$ – минимальная величина угла β = 30°.

В процессе измерений анемометр не должен попадать в зону возмущения воздушного потока от ветроколеса ВЭУ или другой конструкции. Зона возмущения потока от ВЭУ простирается в подветренную сторону на расстояние, равное десяти диаметрам ветроколеса. Датчики скорости и направления ветра должны быть расположены так, чтобы избежать взаимного влияния.

Если 95 % номинальной мощности достигается при скорости ветра ниже стандартизованной величины 10 м/с, скорость ветра допускается измерять анемометром ВЭУ. При отсутствии такого анемометра он должен быть установлен на ВЭУ. Если высота до оси ветроколеса ВЭУ менее 30 м, все измерения скорости ветра допускается осуществлять анемометром, расположенным на высоте выше 10 м и ниже высоты до оси ветроколеса.

7.2 Акустические измерения

Акустические измерения должны обеспечивать определение уровня шумового излучения от ВЭУ для скоростей ветра k = 6, 7, 8, 9 и 10 м/с на высоте 10 м и с учетом погрешности определения длины 0,5 м с измерениями следующих данных:

- уровня звуковой мощности;
- уровня в полосе в одну треть октавы;
- тональности.

При необходимости измеряемые параметры могут включать в себя направленность и импульсивность излучения, низкочастотные и инфразвуковые составляющие шума.

7.2.1 Требования к акустическим измерениям

Все акустические измерения должны отвечать следующим требованиям:

- всю измерительную цепь необходимо калибровать на одной частоте до и после измерения, а также при подключении (отключении) микрофона;
- все акустические сигналы следует записывать и сохранять для последующего анализа;
- необходимо исключать результаты измерений при возникновении внешних шумовых полей (например, от самолета);
- фоновый шум следует измерять при остановленной ВЭУ непосредственно до и после каждой серии измерений звукового излучения от работающей ВЭУ на том же самом оборудовании и при той же скорости ветра. При измерении фонового шума следует принимать все меры для сохранения репрезентативности фонового излучения по отношению к шуму в процессе акустических измерений излучения ВЭУ;
- акустические измерения следует проводить практически во всем диапазоне скоростей ветра.

Кроме того, для конкретных акустических измерений следует выполнять следующие требования.

7.2.2 Акустические измерения для базовой позиции *1*

7.2.2.1 Уровень звукового давления корректированный по *A*

Непрерывный уровень звукового давления шума ВЭУ, корректированный по *A*, должен быть измерен в базовой позиции микрофона не менее 30 раз одновременно с измерениями скорости ветра. Каждое измерение должно длиться не менее 1 мин. Измерение скорости ветра должно быть проведено не менее трех раз с точностью ± 0,5 м/с при целых значениях скоростей ветра.

Должно быть выполнено не менее 30 измерений фонового шума в том же диапазоне ветровых скоростей.

7.2.2.2 Измерения в полосе частот в одну треть октавы

Полосу частот в одну треть октавы спектра шума ВЭУ, измеренного в базовой позиции, следует определять как средняя энергию трех спектров, измеренных в течение не менее чем 1 мин для каждого целого значения величины скорости ветра. Полосы в одну треть октавы должны быть замерены с центром частот от 50 Гц до 10 кГц включительно.

Измерения фонового шума при остановленной ВЭУ должны соответствовать указанным ниже требованиям.

7.2.2.3 Измерения в узкой полосе частот

Для каждого целого значения скорости ветра необходимо проводить в течение не менее 2 мин измерения шума ВЭУ и фонового шума, корректированного по *А*. Если шум не может быть определен в процессе измерения, то линейные спектры могут быть преобразованы в уровень звукового давления, корректированного по *А,* в соответствии с ГОСТ 17187 и [1].

7.2.3 Акустические измерения для точек *2, 3* и *4*

Непрерывный уровень звукового давления от ВЭУ, корректированного по *А,* должен быть измерен в дополнительных точках по одному из следующих двух методов.

В первом (предпочтительном) случае измерения в трех дополнительных точках следует выполнять одновременно с измерениями в базовой точке. Допускается измерения в этих трех точках выполнять индивидуально, но каждое из них следует производить одновременно с измерениями в базовой точке. Уровень звукового давления в каждой точке может быть определен как средняя энергия пяти измерений. Каждое измерение должно иметь длительность не менее 1 мин. Для измерений должны быть использованы пять периодов при средней скорости ветра, близкой к 8 м/с.

Измерения фонового шума также должны быть усреднены по энергии за пять периодов измерений с длительностью каждого не менее 1 мин.

Для второго метода одновременные измерения не требуются. Эквивалентный непрерывный уровень звукового давления шума ВЭУ, корректированный по *А,* в каждой из трех дополнительных точек должен быть определен серией из 10 измерений с усреднением показаний, измеренных за период не менее 1 мин, совпадающий с измерениями скорости ветра. В процессе измерения скорость ветра должна отличаться менее чем на 2 м/с от значения 8 м/с, и по крайней мере 25 % измерений должны быть выше и 25 % ниже значения 8 м/с.

Должно быть проведено не менее 10 измерений фонового шума, энергия каждого усредняется за период времени не менее 1 мин, при этом ВЭУ должна быть остановлена.

7.2.4 Другие возможные измерения

Рекомендуется проводить дополнительные измерения для количественной оценки шумовых эффектов специфического характера, не приведенных в настоящем стандарте.

Это могут быть ультразвуковое излучение, низкочастотная модуляция широкополосного шума или необычные звуки (визг, шипение, скрежет, гудение), отчетливые шумовые импульсы (удары, стук, щелчки) или шум достаточно нерегулярного характера. Методы измерения этих шумов приведены в приложении А. Эти измерения не являются обязательными и приведены только для сведения.

7.3 Измерения атмосферных условий

Следует проводить измерения атмосферных факторов, перечисленные ниже.

7.3.1 Измерения скорости ветра

Скорость ветра следует определять двумя следующими методами. При этом предпочтительным является первый метод, который является обязательным при сертификации и рассмотрении результатов измерений.

7.3.1.1 Метод 1. Определение скорости ветра по значению электрической мощности и характеристики ее зависимости от скорости ветра (мощностной характеристики ветроколеса)

График мощности отражает характеристику мощности от скорости ветра на уровне оси ветроколеса ВЭУ. Для большинства типов ВЭУ скорость ветра может быть определена по замеренной электрической мощности. Степень корреляции между скоростью ветра и выработанной электрической мощностью очень высока вплоть до максимальной величины мощности.

Скорость ветра допускается определять по замеренной электрической мощности, т. е. по графику, отражающей зависимость мощности от скорости ветра, измеренной в соответствии с ГОСТ 24855 и [12], на той же самой ВЭУ или на ВЭУ того же типа, оборудованной аналогичными средствами измерения. График мощности должен отражать характеристику производимой ВЭУ электрической мощности от скорости ветра на уровне оси ветроколеса ВЭУ при стандартных атмосферных условиях: 15 °С и 101,3 кПа.

Электрическая мощность должна быть усреднена за тот же период времени, за который проводили измерения шума.

Определение скорости ветра по графику мощности является предпочтительным, если в процессе измерений шума выработка мощности ВЭУ оказывается ниже его максимального значения.

При этом нужно отметить, что в процессе измерения фонового шума скорость ветра измеряют анемометром на высоте не менее 10 м.

Следует регистрировать мощность, выдаваемую ВЭУ. Значение мощности при измерении шума не должно превосходить 95 % максимального значения. Значение мощности более 95 % максимального значения может быть вызвано превышением скорости ветра, соответствующей достижению номинальной мощности.

Для ВЭУ без регулирования воздушного обтекания лопастей электрическая мощность, регистрируемая в процессе акустических измерений, должна быть приведена к стандартным атмосферным условиям в соответствии с формулой:

$$P_n = P_m \left(\frac{T_K}{T_{\text{ref}}} \right) \frac{p_{\text{ref}}}{p}, \quad (4)$$

где P_n – нормализованная электрическая мощность, кВт;

P_m – измеренная электрическая мощность, кВт;

T_K – температура воздуха, К; $T_K = T_C + 273$;

T_C – температура воздуха, °С;

T_{ref} – базовая температура; $T_{\text{ref}} = 288$ К;

p – атмосферное давление, кПа;

p_{ref} – стандартная величина атмосферного давления, кПа.

Скорость ветра на уровне оси ветроколеса, полученная на основе графика мощности для P_n, должна быть приведена к высоте 10 м.

Для ВЭУ с активным управлением воздушного обтекания лопастей скорость ветра на уровне оси ветроколеса должна быть скорректирована в соответствии с формулой:

$$V_H = V_D \left(\frac{p_{\text{ref}} T_K}{p T_{\text{ref}}} \right)^{\frac{1}{3}}, \quad (5)$$

где V_H – скорректированная величина скорости ветра на уровне оси ветроколеса, м/с;

V_D – величина скорости ветра, выведенная из графика характеристики мощности от ветра, м/с.

Скорректированная величина скорости ветра на высоте оси ветроколеса ВЭУ должна быть преобразована в стандартную для высоты 10 м и стандартизованной погрешности расстояния в соответствии с уравнением (7).

Если стандартизованная величина скорости ветра, соответствующая 95 % номинальной мощности ВЭУ, менее 10 м/с, то одним из двух методов должна быть определена скорость ветра, соответствующая значению мощности, превышающему 95 % номинальной.

Скорость ветра определяют одним из двух методов:

- Метод с использованием анемометра ВЭУ: для всех точек данные между 5 % и 95 % номинальной мощности скорректированное значение скорости ветра на уровне оси ветроколеса должно быть определено методом линейной регрессии по скорости ветра, регистрируемой анемометром ВЭУ. Для ВЭУ без регулирования воздушного обтекания лопастей скорректированная скорость V_H есть скорость V_D, определенная по замеренной электрической мощности. Для ВЭУ с активным управлением воздушного обтекания лопастей значение V_H определяют по формуле (5). Скорректированное значение скорости ветра при мощности ВЭУ, превышающей 95 % номинальной мощности, следует определять по результатам линейной регрессии скорости ветра V_H по анемометру ВЭУ;

- Метод с использованием коэффициента к: Для всех уровней мощности выше 95 % от номинальной должен быть выведен коэффициент к – отношение стандартизованной скорости ветра к измеренной скорости ветра. Это отношение должно быть применено к измеренным значениям скорости ветра для уровней мощности выше 95 % номинальной для оценки стандартизованной скорости ветра в соответствии с формулой:

$$V_s = \kappa V_z, \quad (6)$$

где V_s – стандартизованная скорость ветра;

V_z – скорость, замеренная анемометром на высоте z.

Метод с использованием показаний анемометра ВЭУ является предпочтительным, поскольку корреляция между значением скорости ветра и выходом электрической мощности существенно точнее, чем данные по скорости ветра, замеренные на высоте оси ветроколеса ВЭУ.

7.3.1.2 Метод 2. Определение скорости ветра с использованием анемометра

Если для измерения скорости ветра используют анемометр, результаты измерения должны быть приведены к высоте 10 м с учетом базовой погрешности измерения расстояния в соответствии с формулой (7).

Измерения анемометром на высоте между 10 м и осью ветроколеса ВЭУ существенно отличаются в процессе измерения фонового шума, когда ВЭУ не работает и используется анемометр ВЭУ.

Данные по скорости ветра должны быть усреднены арифметически за тот же период, за который проводили акустические измерения.

7.3.2 Направление ветра

Направление ветра определяют по датчику направления, с тем чтобы расположение измерительных средств было в пределах 15° от азимутального положения ВЭУ к подветренному направлению. Данные по направлению ветра следует усреднять за период акустических измерений аналогично усреднению скорости ветра.

7.3.3 Другие атмосферные условия

Температуру воздуха и атмосферное давление следует регистрировать каждые 2 ч.

Турбулентность потока воздуха обтекающего ветроколесо может вызывать излучение аэродинамического шума. Оценка влияния турбулентности содержится в приложении С.

7.3.4 Измерения скорости вращения и угла наклона ветроколеса

Измерение и получение данных по параметрам состояния ВЭУ, таким как скорость вращения и угол наклона ветроколеса относительно направления ветра, могут быть получены от системы управления ВЭУ.

8 Способы преобразования данных

8.1 Скорость ветра

Скорость ветра, измеренная на высоте z или определенная на уровне центра ветроколеса по измеренной электрической мощности, должна быть привязана к скорости ветра V_S при базовых условиях с учетом ветровых профилей в соответствии с формулой:

$$V_s = V_z \left[\frac{\ln\left(\frac{z_{ref}}{z_{0ref}}\right)\ln\left(\frac{H}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{H}{z_{0ref}}\right)\ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} \right], \quad (7)$$

где z_{0ref} – базовая величина параметра шероховатости подстилающей поверхности;

z_{0ref} = 0,05 м;

z_0 – параметр шероховатости подстилающей поверхности;

H – высота до оси ветроколеса;

z_{ref} – базовая высота измерения скорости ветра; z_{ref} = 10 м;

z – высота размещения анемометра.

Формула (7) основывается на следующих принципах:

- для приведения измеренной высоты z к высоте центра ветроколеса с учетом местных условий используется логарифмирование ветровых параметров с погрешностью длины;

- для перехода от высоты центра ветроколеса H к базовым условиям используется логарифмирование ветровых параметров с учетом $z_{0ref.}$ Это позволяет получить шумовые характеристики независимо от условий местности. Погрешность измерения с учетом z_0 может быть вычислена путем измерений скорости ветра на разных высотах или оценена в соответствии с таблицей 1. Если скорость ветра определяется по методу 1 (что предпочтительно) то при расчете стандартизованной скорости ветра для измерений фонового шума допускается использовать соотношение к.

Таблица 1 – Погрешность измерения длины

Тип местности	Параметр z_0, м
Водная, снежная или песочная поверхность	0,001
Открытая, ровная местность, скошенная трава, голая почва	0,010
Сельхозугодия с растительностью	0,050
Пригородная зона, город, лес, множественные деревья и кустарники	0,300

8.2 Коррекция влияния фонового шума

При использовании методов, описанных в 8.3–8.6, все замеренные уровни звукового давления следует корректировать с учетом влияния фонового шума. Если средние уровни фонового шума ниже суммарного уровня ВЭУ и фона на величину 6 дБ или более, значение скорректированной величины определяют по формуле:

$$L_s = 10\ln\left[10^{(0,1L_{s+n})} - 10^{(0,1L_n)}\right], \quad (8)$$

где L_s – эквивалентный непрерывный уровень звукового давления, вызванный работой самой ВЭУ, дБ;

L_n – эквивалентный непрерывный уровень звукового давления фонового шума, дБ;

L_{s+n} – эквивалентный непрерывный уровень звукового давления от работы самой ВЭУ плюс от фонового шума, дБ.

Если эквивалентный непрерывный уровень звукового давления, являющийся суммой уровня собственного звукового давления работающей ВЭУ и фонового шума L_{s+n}, выше уровня фонового шума L_n на величину менее 6 дБ, но более 3 дБ, то скорректированная величина L_{s+n} определяется вычитанием величины 1,3 дБ. При этом точки замера данных отмечают звездочкой (*). Эти точки замера данных недопустимо использовать для определения уровня звуковой мощности или направленности. Если разность уровней меньше 3 дБ, такие данные не учитывают, но отмечают, что уровень шума ВЭУ меньше фонового шума.

8.3 Уровни звуковой мощности

При анализе должна использоваться регрессия 4-го порядка, если коэффициент корреляции 0,8 или более. В ином случае анализ проводится по методу бин с использованием линейной регрессии внутри бина для определения уровней звукового давления при целых значениях скорости ветра. Бины должны быть шириной в 1 м/с, открытые на нижнем и замкнутые на верхнем конце. Должно быть не менее одной точки на обоих сторонах интервала скорости. По результатам анализа должно быть определено значение $L_{Aeq,c,k}$ для каждого целого значения скорости ветра от 6 до 10 м/с. $L_{Aeq,c,k}$ – величина, соответствующая второму порядку регрессии при целом значении скорости ветра.

Должен быть выполнен аналогичный анализ для 30 или более пар данных измерений фонового шума. Величина $L_{Aeq,c,k}$ для целого значения скорости ветра должна быть скорректирована с учетом фонового шума и должна быть определена как $L_{Aeq,c,k}$.

Уровень звуковой мощности $L_{WA,k}$ рассчитывают из корректированного с учетом фонового шума уровня звукового давления для целых чисел – значений скоростей ветра в базовой точке по формуле:

$$L_{WA,k} = L_{Aeq,c,k} - 6 + 10\ln\left[\frac{4\pi R_1^2}{S_0}\right], \quad (9)$$

где $L_{Aeq,c,k}$ – скорректированный по A с учетом фона уровень звукового давления для целых значений скорости ветра и для базовых условий;

R_1 – наклонное расстояние в метрах от центра ветроколеса до точки установки микрофона (см. рисунок 4);

S_0 – базовая площадь, $S_0 = 1$ м^2.

Константа 6 дБ соответствует удвоению давления, которое возникает при измерении уровня звукового давления на наземной плите.

8.4 Уровни полосы частот в одну треть октавы

Уровни шума ВЭУ в полосе частот в одну треть октавы следует корректировать с учетом соответствующих уровней фонового шума.

8.5 Тональность

8.5.1 Общая методология

Наличие тонов в шуме при различных значениях скорости ветра следует определять на основе узкополосного анализа.

Тональный анализ распространяют на весь диапазон значений скорости ветра, при котором выполняли измерения уровней звуковой мощности. Для каждого бина скорости ветра следует анализировать два одноминутных периода, ближайших к целому значению скорости ветра, как показано на рисунке 7.

Два одноминутных измерения с использованием оконной функции Ханна должны быть разбиты на 12 десятисекундных интервалов, в которых должны быть получены 12 узкополосных спектров усредненной энергии.

Частотное разрешение должно соответствовать таблице 2.

Таблица 2 – Частотное разрешение

Частота, Гц	Частотное разрешение, Гц
Менее 2000	От 2 до 5
2000–5000	От 2 до 12,5

Для каждого 10-секундного спектра усредненной энергии (j = 1 – 12) и каждого целого значения скорости ветра (k = 6, 7, 8, 9, 10) должны быть определены:

- уровень звукового давления тона (тонов) $L_{pt,j,k}$;
- уровень звукового давления маскирующего шума $L_{pn,j,k}$ в критической полосе вокруг тона;
- тональность $\Delta L_{tn,j,k}$, разность между уровнями звукового давления тона и маскирующего шума.

Полная величина тональности определяется как средняя энергия 12 индивидуальных значений $\Delta L_{tn,j,k}$.

Ширина критической полосы определяется по формуле:

$$\text{Критическая полоса} = 25 + 75\left(1 + 1{,}4\left[\frac{f_c}{1000}\right]^2\right)^{0{,}69}, \quad (10)$$

где f_c – центральная частота, Гц.

В исключительных случаях, например для очень широких тонов, содержащих много линий или маскирующего шума с очень крутым градиентом, указанный метод может не дать точных результатов. В таких случаях допускаются отклонения от предписанного метода, что должно быть отражено в отчете.

8.5.2 Идентификация возможных тонов

Предварительная идентификация тонов необходима для классификации спектральных линий.

Для идентификации возможных тонов используют следующий метод:

- определяют локальный максимум в спектре;
- вычисляют среднюю энергию в критической полосе с центром в каждом локальном максимуме, исключая линию локального максимума и две соседние линии;
- если локальный максимум превосходит средний уровень маскирующего шума на величину более 6 дБ, то это и есть возможный тон.

8.5.3 Классификация спектральных линий в критической полосе

Критическая полоса должна располагаться в центре частот, совпадающих с частотой возможного тона. Для возможных тонов с частотами от 20 до 70 Гц критическая полоса составляет от 20 до 120 Гц.

Внутри каждой критической полосы каждую спектральную линию классифицируют как тон, маскирующий шум (или ни то и не другое), используя следующую процедуру:

a) вычисляют уровень звукового давления $L_{70\ \%}$, где $L_{70\ \%}$ – средняя энергия 70 % спектральных линий в критической полосе с наименьшими уровнями, как показано на рисунке 8;

b) определяют критериальный уровень, равный $L_{70\ \%}$ плюс 6 дБ, как показано на рисунке 9:

- линию классифицируют как маскирующую, если ее уровень меньше критериального уровня, тогда величина $L_{pn,avg}$ есть средняя энергия всех линий, классифицируемых как маскирующие (рисунок 10);
- линию классифицируют как тон, если ее уровень превосходит величину $L_{pn,avg}$ плюс 6 дБ;
- при классификации нескольких соседних линий как тон, следует идентифицировать линию, имеющую наибольший уровень, соседние линии классифицируют как тон, если их уровень не более 10 дБ от наивысшего уровня;
- линию, не классифицирующуюся как тон или как маскирующая классифицируют как нейтральную, такие линии не учитывают при дальнейшем анализе; рисунок 11 иллюстрирует классификацию линий в критической полосе.

8.5.4 Определение уровня тона

Уровень звукового давления тона $L_{pt,j,k}$ определяется суммированием энергии всех спектральных линий, классифицируемых как тоны внутри критической полосы в соответствии с 8.5.3. Когда имеются две или более соседних линий, следует выполнить коррекцию, для чего необходимо поделить суммарную энергию на 1,5.

Если в одной критической ширине полос присутствует более одного тона, описанный выше метод эквивалентен суммирующему уровню этих отдельных тонов.

8.5.5 Коррекция с учетом фонового шума

Должен быть измерен двухминутный узкополосный спектр фонового шума посредством двух одноминутных измерений, близких к целому значению скорости ветра. Для сравнения с результатами соответствующего шума ВЭУ необходимо, чтобы тоны не исходили от фонового шума. Величина $L_{pn,avg,j,k}$ должна быть откорректирована в соответствии с уравнением (8), используя уровень фонового шума в той же критической полосе и те же значения скорости ветра, как и при анализе тонов. Уровень фонового шума вычисляют по сумме энергий всех линий в критической полосе спектра. Уровень фонового шума должен быть ниже шума ВЭУ, как минимум, на 6 дБ в нужных критических полосах. Если это не так, должно быть зафиксировано, что маскировочный шум подвержен влиянию фонового шума.

8.5.6 Определение уровня маскирующего шума

Уровень маскирующего шума $L_{pn,j,k}$ определяют по формуле:

$$L_{pn,j,k} = L_{pn,avg,j,k} + 10\lg\left(\frac{\text{ширина критической полосы}}{\text{ширина полосы эффективного шума}}\right), \quad (11)$$

где $L_{pn,avg,\ j,k}$ – откорректированная с учетом фона средняя энергия спектральных линий, идентифицированных как маскирующие в критической полосе частот.

Ширина полосы эффективного шума в 1,5 больше частотного разрешения, которое включает в себя поправку.

8.5.7 Определение тональности

Разность между уровнем тона $L_{pt,j,k}$ и уровнем маскирующего шума в соответствующей критической полосе частот согласно формуле:

$$\Delta L_{tn,j,k} = L_{pt,j,k} - L_{tn,j,k}. \quad (12)$$

Если для некоторых из 12-десятисекундных спектров не было определены тона в соответствии с 8.5.3, это выражение должно быть заменено следующей величиной в соответствии с формулой:

$$\Delta L_{tn,j,k} = -10\lg\left(\frac{\text{ширина критической полосы}}{\text{ширина полосы эффективного шума}}\right). \quad (13)$$

Усредненная энергия $12\Delta L_{tn,j,k}$ составляет одно ΔL_k, где k = 6, 7, 8, 9, 10 для каждого бина скорости ветра.

Тон в разных спектрах с частотой 10 % критического диапазона считается аналогичным тоном. В этом случае среднюю частоту используют для определения относительного уровня звуковой слышимости.

8.5.8 Слышимость

Для каждого значения ΔL_k необходимо ввести зависимую от частоты коррекцию для компенсации реакции человеческого уха на тоны различной частоты.

Тональную слышимость, $\Delta L_{a,k}$, определяют по формуле:

$$\Delta L_{a,k} = \Delta L_k - L_a, \quad (14)$$

где L_a – зависящий от частоты критерий слышимости, определяемый по формуле

$$L_a = -2 - \lg\left[1 + \left(\frac{f}{502}\right)^{2,5}\right], \quad (15)$$

где f – частота тона, Гц.

При этом данный критерий, определяемый из прослушиваний, отражает субъективную реакцию типичного слушателя на изменяющиеся по времени тоны различных частот.

Соответствующее значение $\Delta L_{a,k}$ должно быть рассчитано для каждого ΔL_k. Для слышимостей тона, которые отвечают условию в соответствии с формулой:

$$\Delta L_{a,k} \geq -3{,}0 \text{ дБ}, \quad (16)$$

необходимо определить значение $\Delta L_{a,k}$.

Для слышимостей тона, которые не отвечают условию, в соответствии с формулой:

$$\Delta L_{a,k} < -3{,}0 \text{ дБ}, \quad (17)$$

эти значения не учитывают.

8.6 Направленность

В случае необходимости определения направленности звукового излучения ВЭУ ее следует определять в направлениях трех точек измерения *2*, *3* и *4* от уровня звукового давления, корректированного по *A*, с одновременным измерением уровня звукового давления в этих точках, корректированного по *A*, в базовой точке. Уровни следует корректировать с учетом фонового шума и различных расстояний.

Направленность Δ_i в каждой точке определяют по формуле:

$$\Delta i = L_{Aeq,i} - L_{Aeq,1} + 20\lg(R_i / R_1), \quad (18)$$

где $L_{Aeq,i}$ – уровень звукового давления, корректированный по *A*, в точках *2*, *3* и *4* с поправкой на фоновый шум в этих же точках;

$L_{Aeq,1}$ – уровень звукового давления, корректированный по *A*, в базовой точке, измеренный одновременно с $L_{Aeq,i}$ с поправкой на фоновый шум;

R_i – наклонное расстояние от центра ветроколеса до точек *2*, *3* и *4*;

R_1 – наклонное расстояние от центра ветроколеса до точки *1*.

Если был использован другой метод измерения с неодновременным измерением, то уровень звукового давления шума ВЭУ и фонового шума, корректированного по *A*, при стандартной скорости ветра в процессе измерений в базовой точке, следует определять регрессивным анализом для каждой точки измерения *1*, *2*, *3* и *4*. Результаты измерений шума ВЭУ должны быть скорректированы с учетом фонового шума, и направленность Δi в каждой точке определена по формуле (8).

9 Регистрируемая информация

Данные о конструкции и условиях работы ВЭУ должны быть представлены в соответствии с требованиями 9.1–9.6 настоящего стандарта

9.1 Информация, характеризующая ВЭУ

Для каждой ВЭУ должны быть представлены следующие данные:

- изготовитель;
- номер (обозначение) модели;
- серийный номер.

Особенности исполнения:

- ветроколесо: с вертикальной или горизонтальной осью вращения;
- расположение ветроколеса: наветренное или подветренное;
- высота оси ветроколеса;
- горизонтальное расстояние от центра ветроколеса до оси мачты;
- конструкция мачты: решетчатая или трубная;
- диаметр ветроколеса;
- контроль обтекания: пассивный, активный с управлением угла атаки лопастей;
- скорость вращения: постоянная или переменная;
- график зависимости мощности от скорости ветра (требуемый для определения скорости ветра);

- скорость вращения ветроколеса при скорости ветра от 6 до 10 м/с, измеренных в базовой точке, и номинальная мощность;
- угол атаки лопастей для каждого целого значения стандартизованной скорости ветра от 6 до 10 м/с;
- номинальная выходная мощность;
- принцип управления ВЭУ.

Данные по ветроколесу:
- устройства управления ветроколесом;
- наличие вихревых генераторов, контроля обтекания, зазубренной задней кромки;
- тип лопасти;
- число лопастей.

Данные по мультипликатору:
- изготовитель;
- номер модели;
- планетарная или с параллельным расположением валов.

Данные по генератору:
- изготовитель;
- номер модели;
- скорость вращения.

9.2 Данные об окружающей среде

Должны быть представлены информация о метеорологических условиях на и вблизи места установки ВЭУ и информация по измерительным элементам:
- данные по месту расположения, размещения, рельефу местности и другая информация;
- топографические характеристики местности (холмы, равнина, скалы, горы и т. п.) в радиусе 1 км;
- характеристики поверхности (трава, песок, деревья, водные поверхности);
- расположенные вблизи отражающие объекты, такие как здания, сооружения, скалы, деревья, а также водные поверхности;
- другие близкорасположенные источники звука, способные влиять на звуковой фон, такие как другие ВЭУ, автотрассы, индустриальные комплексы, аэропорты;
- два фото: одно от базового микрофона в направлении ВЭУ, другое с метеорологической мачты на ВЭУ;
- фото микрофона на микрофонной плите, установленной на земле, и ближайшее окружение.

9.3 Средства измерений

Должна быть представлена следующая информация по измерительной технике:
- производитель(и);
- название и тип прибора;
- серийный(е) номер(а);
- другая существенная информация (например, дата последней калибровки);
- положение анемометра и замеренная высота для каждой серии измерений;
- влияние вторичного ветрового экрана (если использовался).

9.4 Акустические данные

Должны быть представлены следующие акустические данные:
- положение каждого микрофона для каждой серии измерений;
- величина $L_{WA,k}$ для каждого целого значения скорости ветра от 6 до 10 м/с и график фонового шума, приведенного к нормализованным величинам, оси графика

должны быть линейными и масштабированы так, чтобы 1 м/с соответствовал 2 дБ;
- график, отражающий все замеренные в точке *1* пары данных звука ВЭУ и фонового шума (в различных символах), на графике оси L_{Aeg} и V_s должны быть линейными, а масштаб выбран так, что значение 1 м/с соответствовало 2 дБ;
- таблица и график спектра звукового давления в треть октавы для каждого значения скорости от 6 до 10 м/с координаты на графике 1 октава = 10 дБ и приведены уровни, отмеченные звездочкой.

Для каждого целого значения величины скорости ветра (k = 6, 7, 8, 9, 10) должны быть представлены:
- $\Delta L_{tn,j,k}$ (для j = 1, 2 , 3, …,12) для каждого идентифицированного тона;
- ΔL_k – для каждого идентифицированного тона;
- $\Delta L_{a,k}$ –для каждого идентифицированного тона;
- частота тона (тонов);
- типичный 10-секундный спектр средних энергий, иллюстрирующий классификацию спектральных линий для каждого идентифицированного тона;

- время и дата каждой серии измерений.

При необходимости могут быть приведены дополнительно следующие акустические данные:

- направленность;
- низкочастотный шум;
- инфразвук;
- импульсивность;
- амплитудная модуляция;
- другие имеющиеся характеристики шума.

9.5 Данные по измерению атмосферных условий

Необходимо представлять следующие данные по измерениям атмосферных условий:

- метод определения скорости ветра;
- температура воздуха;
- атмосферное давление;
- параметр шероховатости;
- диапазон измерения направления ветра в течение каждой серии измерений (усредненный за период 1 мин).

Дополнительно данные параметров атмосферы могут включать в себя:

- оценки или измерения турбулентности в процессе акустических измерений;
- интенсивность турбулентности, измеренной или выведенной из атмосферных условий;
- график корреляции между скоростью ветра V_n по показаниям анемометра ВЭУ и скоростью ветра V_H на высоте оси ветроколеса, определенной по измеренной электрической мощности.

9.6 Неопределенность

Мера неопределенности следующих акустических параметров должна быть оценена и приведена в отчетных материалах:

- уровень звуковой мощности при целых значениях скорости ветра;
- спектр шума шириной в одну треть октавы в базовой точке измерения для каждой базовой скорости ветра.
- тональность звукового излучения ВЭУ, измеренная в базовой точке.

Сведения по оценке степени неопределенности при измерениях приведены в приложении D и [3].

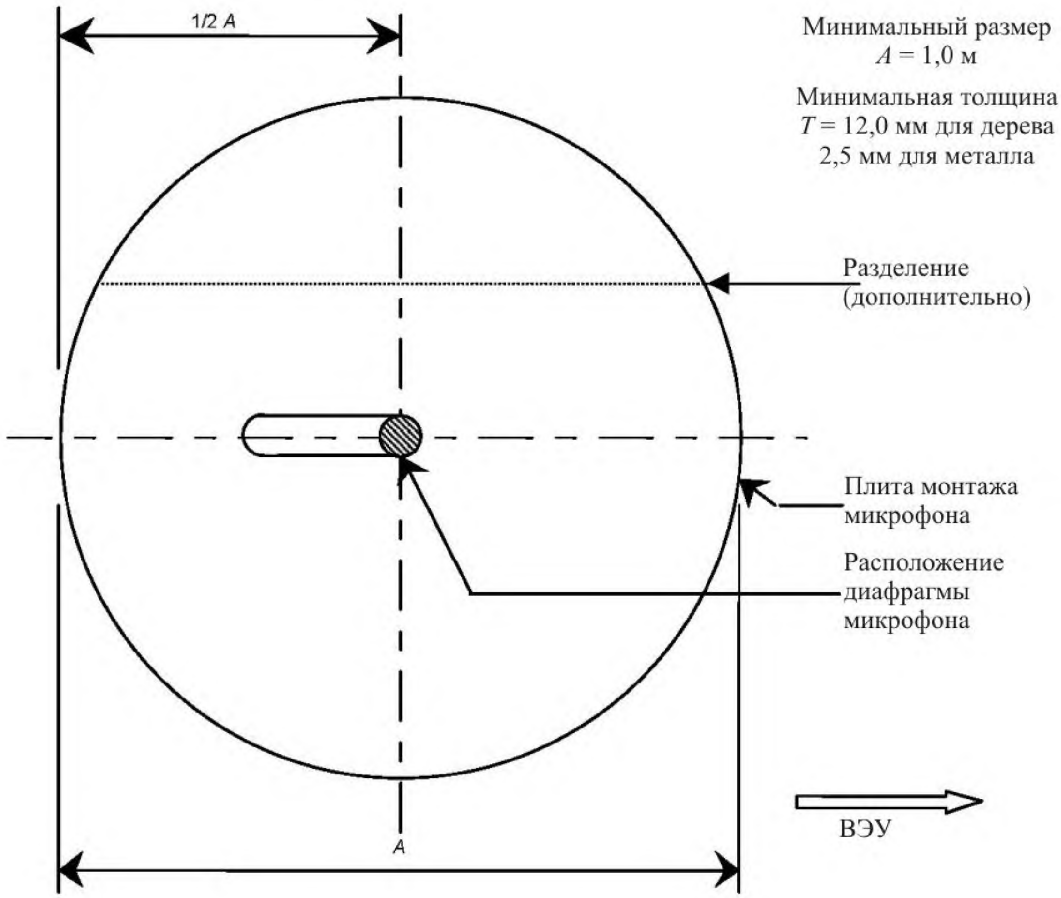


Рисунок 1a – Монтаж микрофона (вид сверху)

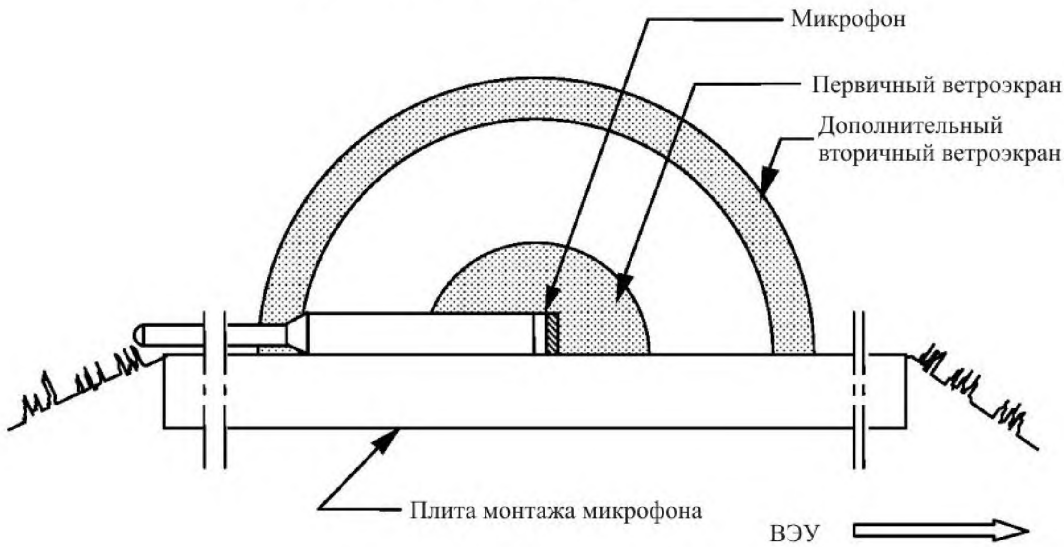


Рисунок 1b – Монтаж микрофона (вид сбоку)

Рисунок 1 – Монтаж микрофона



Рисунок 2 – Фотография микрофона и плиты

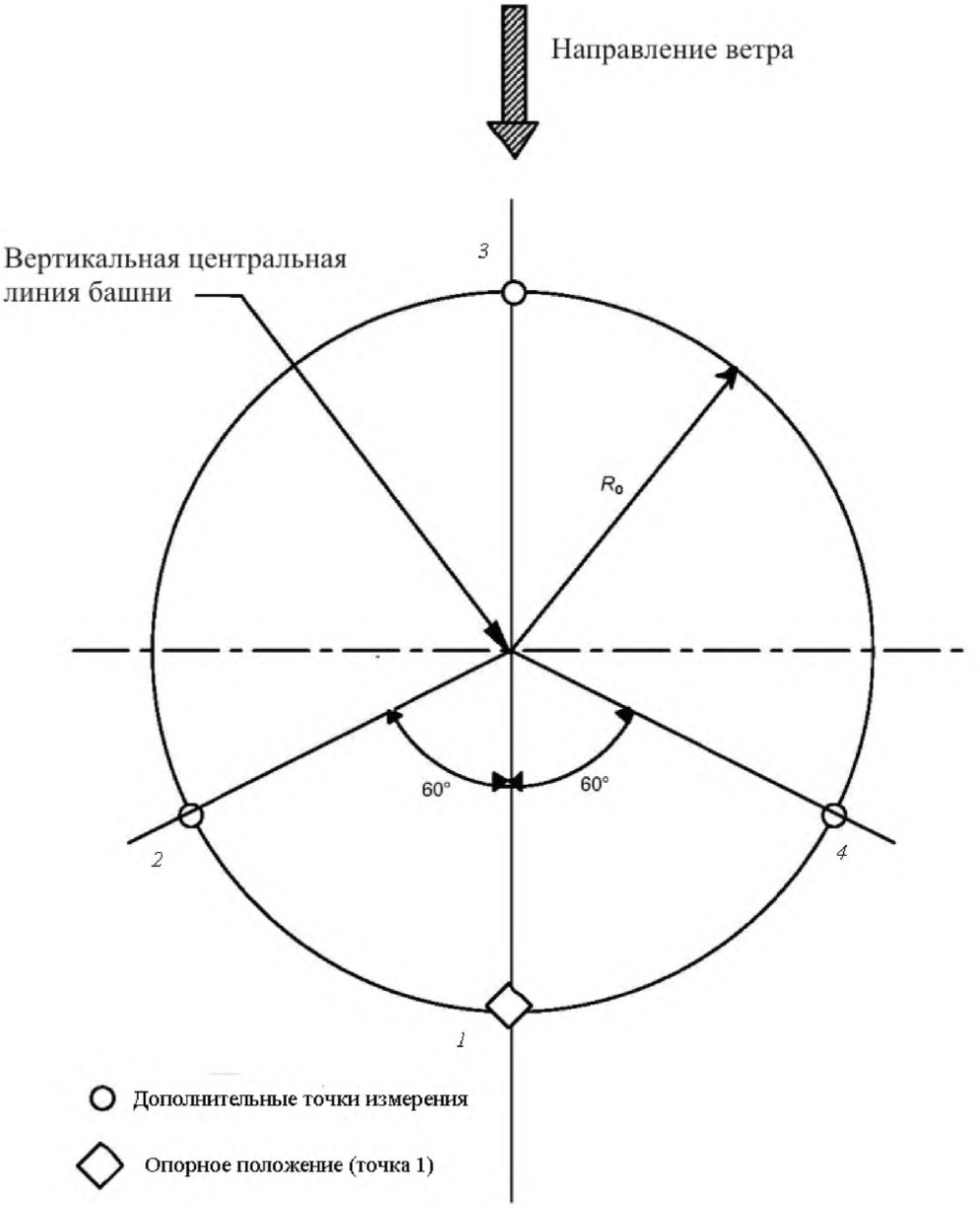


Рисунок 3 – Стандартная схема мест расположения микрофонов (вид сверху)

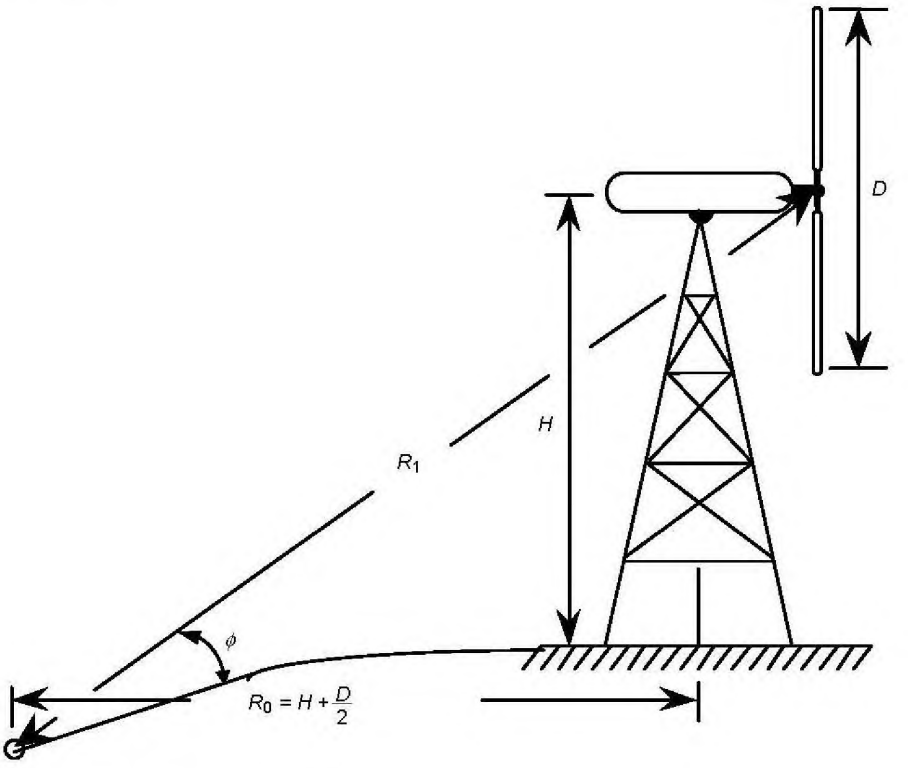


Рисунок 4a – ВЭУ с горизонтальной осью вращения

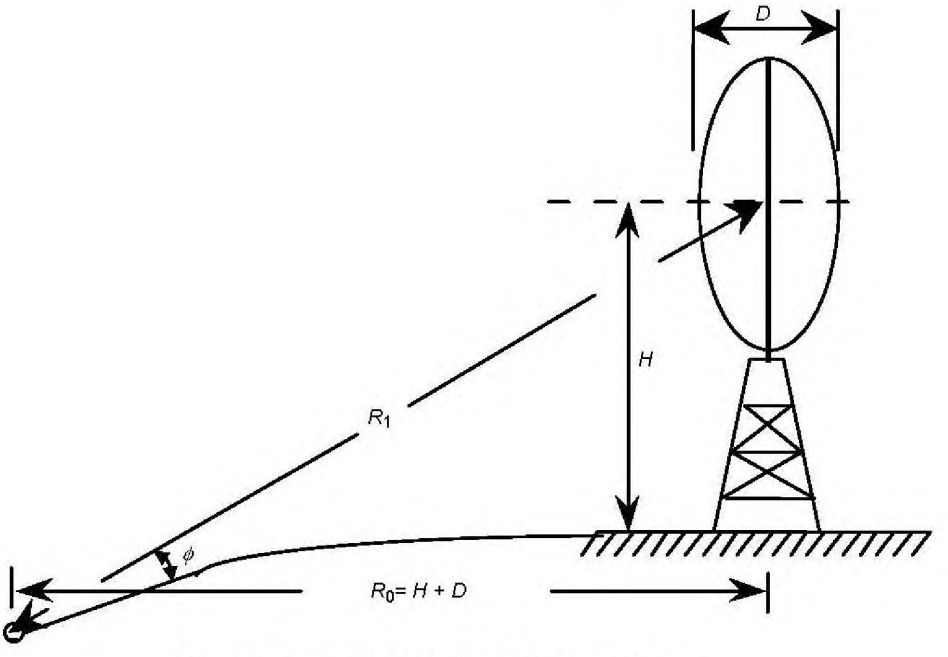


Рисунок 4b – ВЭУ с вертикальной осью вращения

Рисунок 4 – Иллюстрация определений R_0 и наклонной дальности R_1

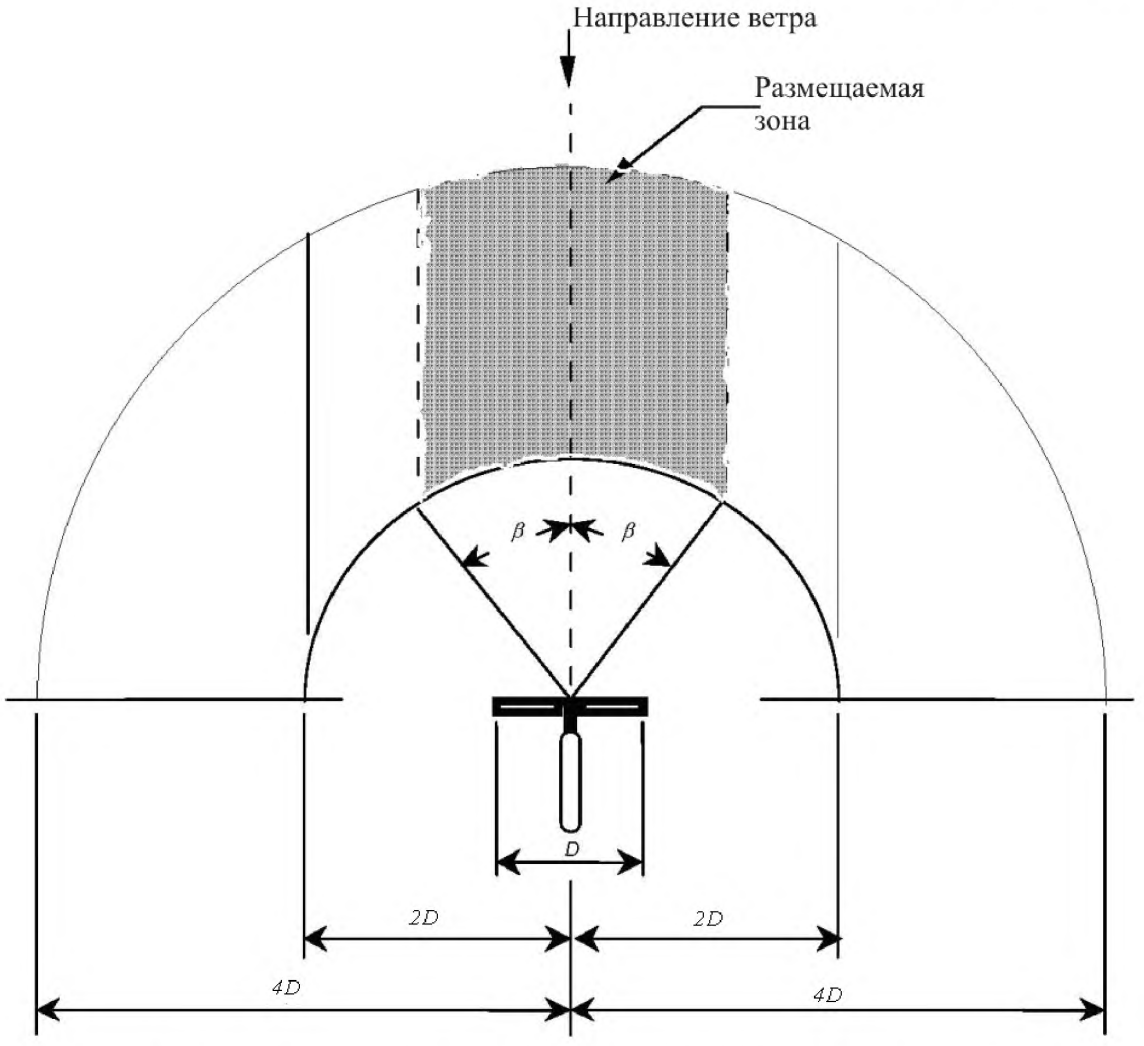


Рисунок 5 – Размещения метеорологической вышки как функция от β – вид сверху

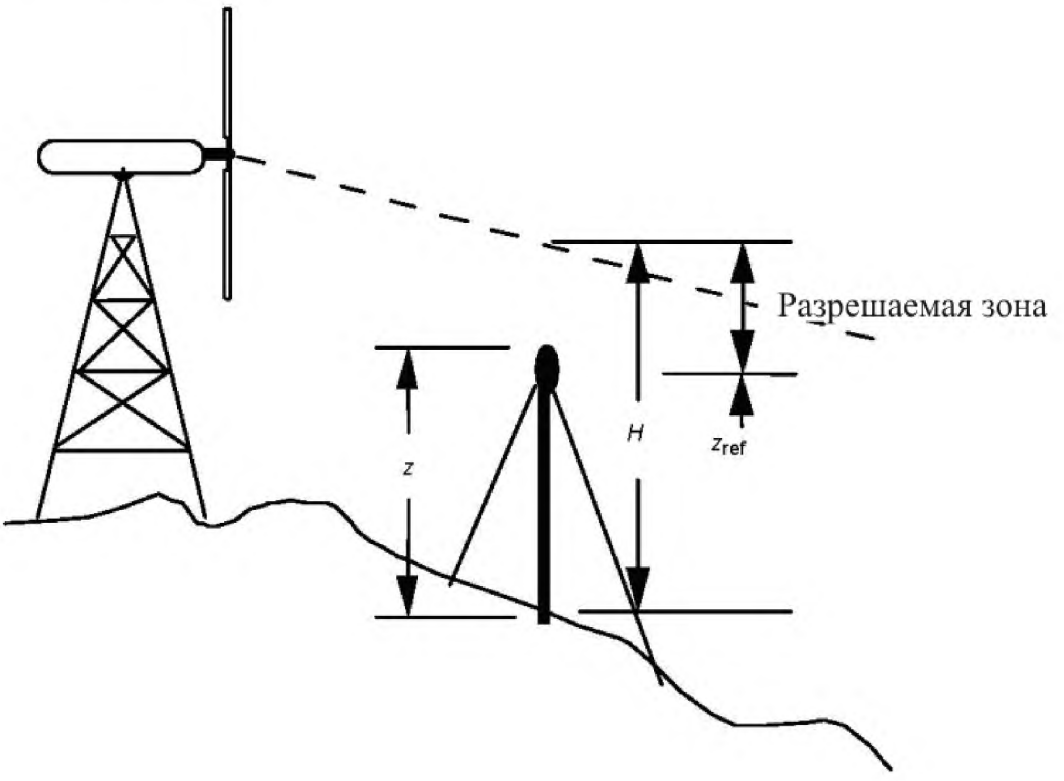


Рисунок 6 – Высота размещения анемометра на метеорологической вышке (вид сбоку)

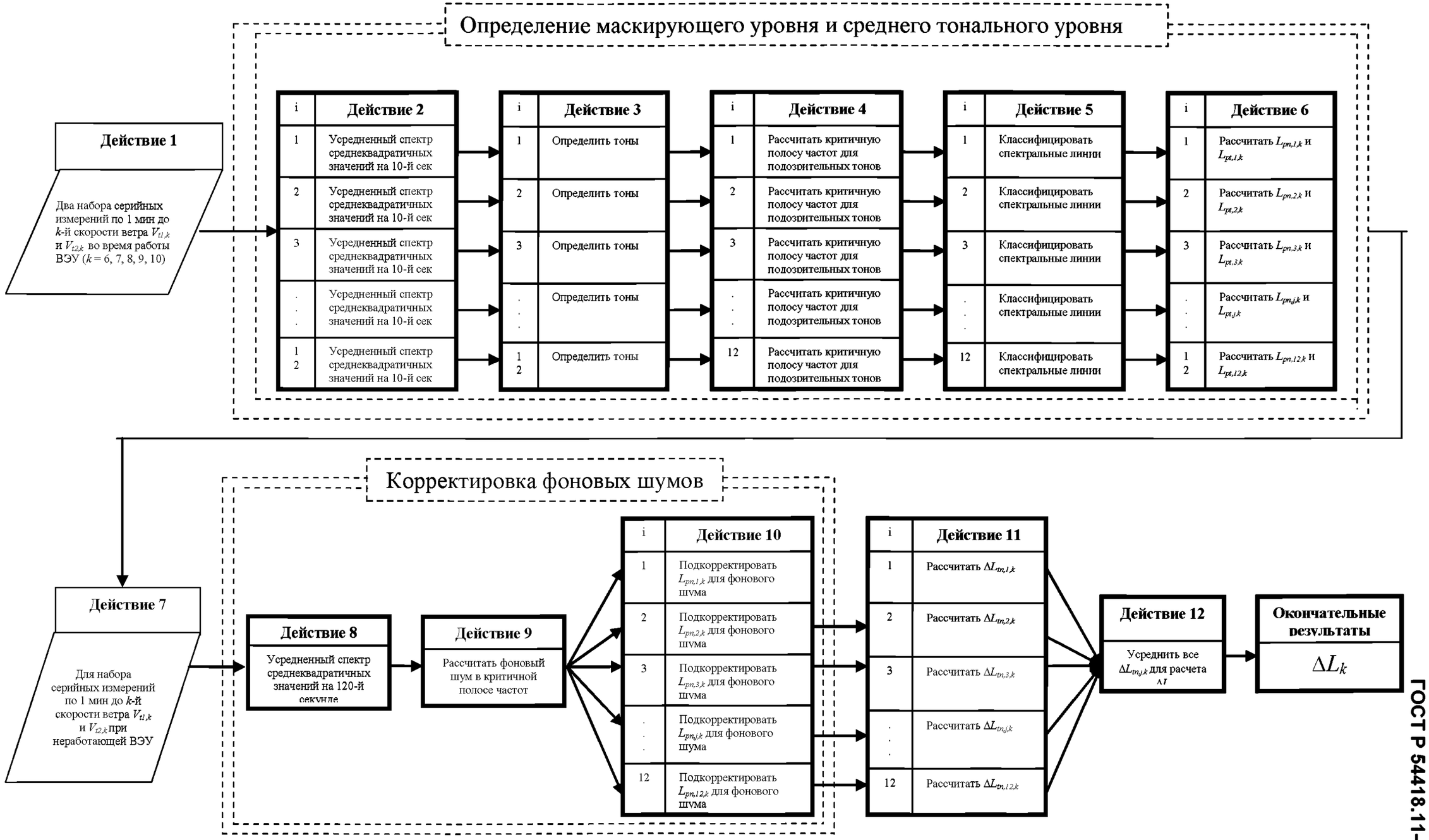


Рисунок 7 – Диаграмма последовательности операций для определения тональности

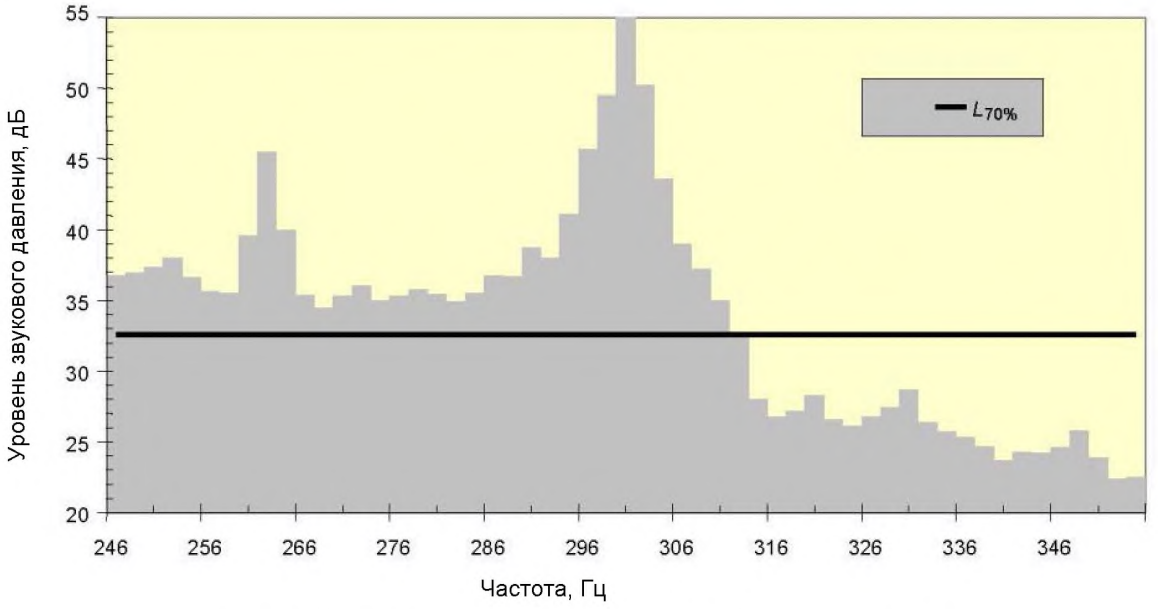


Рисунок 8 – Иллюстрация уровня $L_{70\,\%}$ в критичной полосе частот

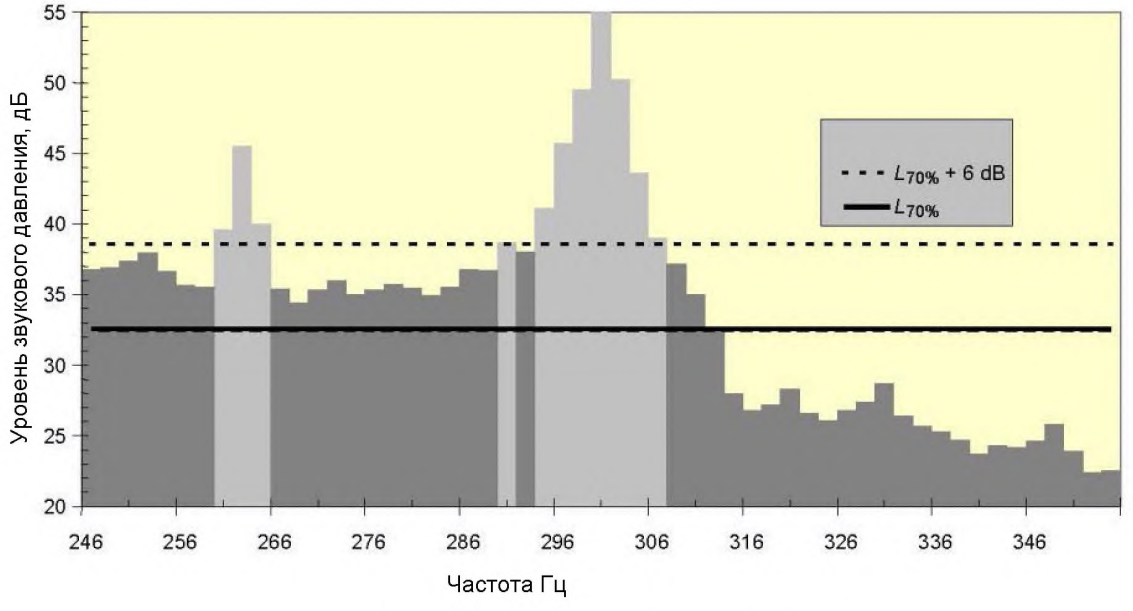


Рисунок 9 – Иллюстрация линий ниже критерия $L_{70\,\%}$ + 6 дБ

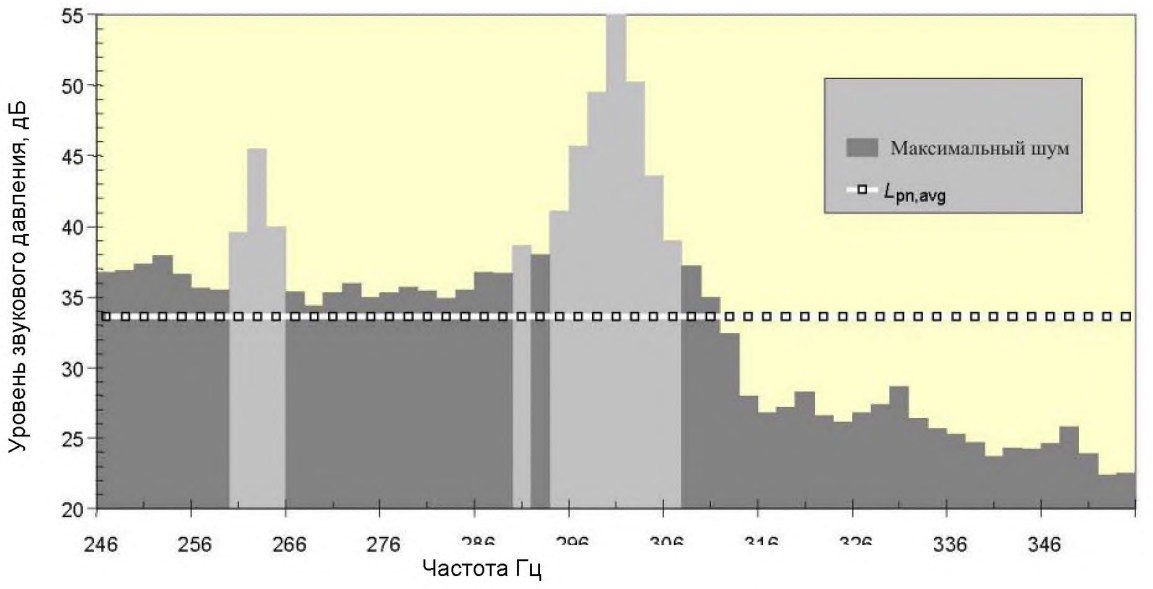


Рисунок 10 – Иллюстрация уровня $L_{pn,avg}$ и линий, классифицируемых как маскирующие

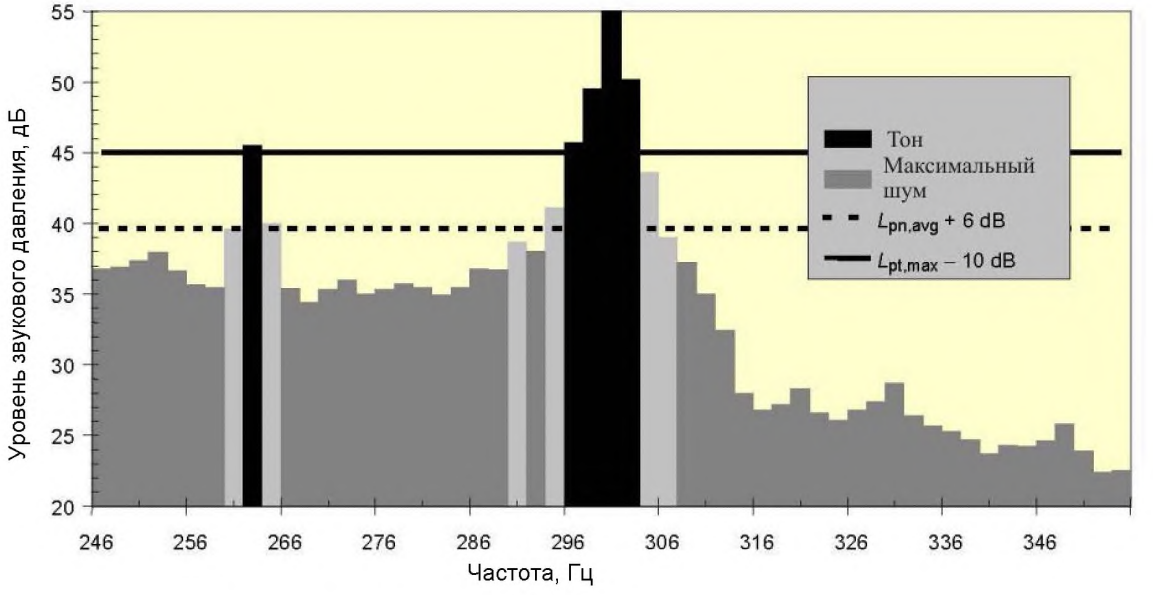


Рисунок 11 – Иллюстрация классификации всех спектральных линий

Приложение А
(справочное)

Другие возможные характеристики шума ВЭУ и их значения

А.1 Общие положения

Кроме характеристик шума ВЭУ, описанных в основной части настоящего стандарта, шум может также включать в себя некоторые или все следующие составляющие:

- инфразвук;
- низкочастотный шум;
- импульсность;
- низкочастотная модуляция широкополосного или тонального шума; - другие, подобно завыванию, посвистыванию, скрипу, жужжанию, и т. д., отличительным шумовым импульсам, например хлопкам, стукам, щелчкам или тяжелым ударам, и т. д.

Ниже дается краткое описание этих составляющих и возможных количественных показателей.

Следует отметить, что некоторые аспекты, подобно инфразвуку, низкочастотному шуму, импульсному характеру, амплитудной модуляции, в настоящее время до конца не исследованы. Следовательно, это может показывать, что точки замеров, расположенные дальше указанных в настоящем стандарте от ВЭУ, могут быть предпочтительней для определения этих характеристик.

А.2 Инфразвук

Звук с частотами ниже 20 Гц называют инфразвуком. Хотя этот звук едва слышен человеческому уху, он может вызывать проблемы, как вибрация в зданиях, и может вызывать раздражение у человека. Для измерения уровня звукового давления инфразвука корректированного по *Ж* проводят по [2].

А.3 Низкочастотный шум

Воздействие может быть вызвано низкочастотным шумом с диапазоном частот от 20 до 100 Гц. Раздражение, вызванное шумом, в котором доминируют низкие частоты, как правило, адекватно не описывается уровнем звукового давления, корректированного по *А,* что приводит к тому, что помеха от подобного шума может быть преувеличена, если ее оценивают, используя только значение L_{Aeq}.

В этом случае принимают, что возникающий шум характеризуется, как имеющий низкочастотную составляющую. Это, вероятно, тот самый случай, когда разница между уровнями звукового давления, скорректированного по *А* и *С* превышает примерно 20 дБ.

При этих обстоятельствах низкочастотный шум можно численно определить, расширив измерения третьоктавной полосы частот, которые описаны в настоящем стандарте до 20 Гц. Для третьоктавных полос частот дополнительно необходимо определить полосы частот 20; 25; 31,5 и 40 Гц.

Низкополосный спектр частот ниже 100 Гц следует определять полосой частот ниже половины частоты вращения лопастей.

А.4 Импульсность

Импульсный звуковой удар может продуцироваться ВЭУ, например при взаимодействии лопасти с возмущенным ветровым потоком, созданным вокруг ВЭУ. Импульсность – это мера степени данного ударного звука.

Количественные показатели импульсности можно получить, вычислив разность между усредненными результатами уровня звукового давления, содержащего импульс (скорректированного по *С*), и максимальным медленным уровнем звукового давления, скорректированного по *С*.

Импульсный характер можно также показать, записав отфильтрованный сигнал звукового давления с помощью фильтра октавной полосы на 31,5 Гц.

А.5 Амплитудная модуляция широкополосного шума

В некоторых случаях возможно появление характерного шуршащего или свистящего звука, генерируемого ВЭУ. Данный широкополосный шум модулирует частота вращения лопасти.

Появление данного эффекта можно показать, записав измеряемый уровень звукового давления, корректированный по *А,* с зависящей от времени *F* не менее чем для 10 поворотов лопасти ВЭУ.

На характеристики этой модуляции могут повлиять местные атмосферные условия (приложение С), и по этой причине подобные условия необходимо фиксировать во время измерений.

А.6 Другие характеристики шума

Если появляющийся шум содержит вой, свист, скрип, жужжание, удар, стук, гул, щелчок, глухой удар и т. д., это необходимо зафиксировать. Необходимо описать шум в словесной форме так полно, как это возможно. Необходимо также провести соответствующие измерения для объяснения природы шума.

Приложение В
(справочное)

Требования к записывающему/ воспроизводящему оборудованию

В.1 Общие положения

Цепочка измерительных приборов может состоять из следующих приборов:

- микрофон;
- измеритель звукового давления;
- записывающее устройство (запись/воспроизведение);
- анализатор.

В качестве руководства представлены характерные требования для магнитофонов.

В.2 Аналоговые магнитофоны

Для аналоговых магнитофонов:

- частотная характеристика записи/воспроизведения на записываемом уровне 20 дБ должна быть с допусками по ГОСТ 30683 и по [7] для уровня звука от 30 Гц до 10 кГц. Эти допуски показаны ниже на рисунке В.1. Уместно указать более жесткие допуски в диапазоне от 10 до 20 Гц (т. е. ±3 дБ), при измерении низкой частоты;

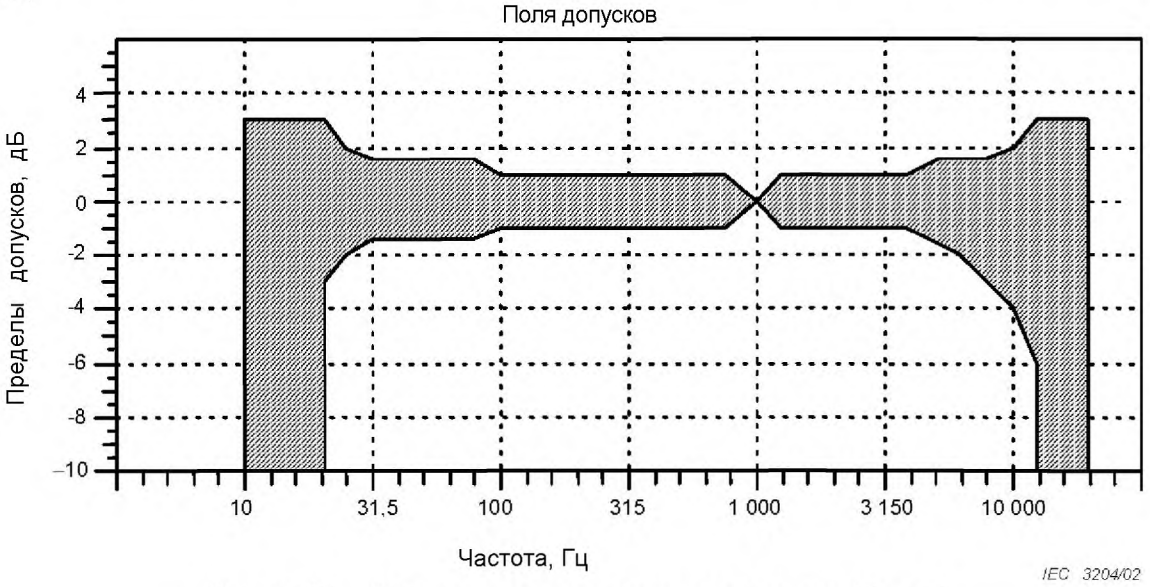


Рисунок В.1 – Допуска для частотной характеристики, по [7], тип 1

- с записываемым тоном 1 кГц на опорном уровне искажение третьей гармоники не должно превышать 3 %;
- шум воспроизведения не должен превышать:
- 60 дБ ниже опорного уровня (*А*-уровень),
- 50 дБ ниже опорного уровня (линейный, от 30 Гц до 10 кГц);
- ослабление перекрестных помех при 1 кГц не должно превышать 50 дБ;
- взвешенное пиковое значение коэффициента детонации по [7] не должно превышать 0,3 %.

В.3 Цифровые магнитофоны

Для цифровых магнитофонов:

- частотная характеристика записи/воспроизведения на максимальном уровне 20 дБ, 40 дБ и 60 дБ должна быть от 30 Гц до 10 кГц с допусками по [7] для датчика уровня звука типа 1;
- линейность уровня, измеренная хотя бы с частотами тона 31,5 Гц; 1 кГц и 8 кГц должна быть в пределах от максимального уровня (0 дБ) до минус 60 дБ. Эти допуска составляют ± 0,7 дБ относительно опорного уровня минус 20 дБ и ± 0,4 дБ для любого сдвига 5 дБ или 10 дБ.

Соотношение сигнал-шум должно превышать:

- 80 дБ (*А*-уровень);
- 75 дБ (плоский, от 30 Гц до 10 кГц).

Приложение С
(справочное)

Оценка интенсивности турбулентности

Турбулентность – характерная составляющая ветра, при прохождении через диск ветроколеса вызывающая нестабильные давления на лопастях, из-за чего появляется шум. Проведенные исследования дают основания полагать, что на высоких уровнях мощности или при высоких скоростях ветра шум из-за поступающих турбулентных потоков может стать основным источником аэродинамического шума, исходящего от ВЭУ.

Из-за ее влияния на весь испускаемый шум уровни турбулентности необходимо оценивать и фиксировать при акустических измерениях. Предпочтительный метод – прямое измерение скорости ветра, как минимум, в течение трех интервалов, каждый по 10 мин. Для каждого 10-минутного интервала из измеренных данных определяют среднее и стандартное отклонения скорости ветра. Среднюю интенсивность турбулентности затем определяют как среднее отношение стандартного отклонения, поделенного на среднюю скорость ветра для каждого периода.

При невозможности проведения подобного измерения турбулентности уровни турбулентности можно логически вывести, зная стабильность местной атмосферы и неровность поверхности. В ясный солнечный день земля прогревается, и турбулентная энергия поднимается в атмосферный пограничный слой из-за эффекта плавучести воздуха. Это приводит к нестабильному атмосферному пограничному слою и к высоким уровням турбулентности. С другой стороны, после заката солнца земля обычно остывает из-за потерь излучения в ночное небо, и холодный воздух устанавливается ниже теплого воздуха. Это обеспечивает стабильные атмосферные условия, при которых смешение турбулентных потоков в пограничном слое сдерживается, и уровни турбулентности низкие. Неровность поверхности площадки измерения также влияет на уровни турбулентности. Высокие уровни турбулентности могут появиться над более неровными поверхностями земли и над рельефными территориями. Время суток, облачность при измерениях и неровность поверхности необходимо фиксировать рядом с сообщаемыми измеренными уровнями турбулентности.

Приложение D
(справочное)

Оценка погрешности измерения

D.1 Введение

Необходимо указать погрешность результатов измерения. В этом приложении даны некоторые рекомендации по определению погрешности.

D.2 Составляющие погрешности типа *А* и *Б*

Погрешность измерения каждого из указанных акустических величин необходимо определить и представить как совмещенную стандартную погрешность так, как указано в настоящем приложении. Дополнительное руководство по применению методов содержится в стандарте [3]. В настоящем приложении вносится различие между компонентами погрешности типа *А*, которые определяют, применяя статистические методы к серии повторяющихся определений, и компонентами погрешности типа *Б*, которые определяют оценочно на базе различного типа соответствующей информации, включая практический опыт. Компоненты погрешности обоих типов *А* и *Б* выражают в виде стандартных отклонений и совмещают по методу комбинации переменных для получения совмещенной стандартной погрешности.

D.3 Эффекты площадки

При оценке погрешности результатов измерения важно учесть влияние, которое может оказывать реальная площадка измерений на измеряемую скорость ветра, а также акустические условия плиты, на которой установлен микрофон. Если поверхность площадки неровная, измеряемую скорость ветра можно получить из скорости ветра в центре ветроколес, при этом отклонение будет зависеть от расстояния между центром ветроколеса и анемометром. Если поверхность наклонная или неровная, условия размещения плиты монтажа микрофона будут влиять на измеренные уровни звукового давления, и они могут быть неточными. Погрешность спектра будет больше, чем для *А*-уровней, и будет расти с уменьшением размера плиты. Эффекты площадки – это компоненты погрешности типа *Б*.

D.4 Погрешность измерения акустических параметров

D.4.1 Уровень мнимой звуковой мощности

Рассматривают компоненты погрешности, которые являются самыми важными в отношении уровня мнимой звуковой мощности.

Параметр, который описывает погрешность типа *А*, – это стандартная ошибка оцениваемой L_{Aeq} при измерении звукового давления при скоростях ветра 6, 7, 8, 9, 10 м/с. Его устанавливают из регрессионного анализа и обозначают U_A:

$$U_A = \sqrt{\frac{\Sigma (y - y_{est})^2}{N-2}}, \qquad (D.1)$$

где y и y_{est} – реально замеренный уровень звукового давления и рассчитанный по регрессии уровень звукового давления на той же скорости ветра ;

N – количество измерений, включенное в регрессионный анализ.

Следующие компоненты относятся к неопределенности типа *Б*:

- калибровка акустических приборов U_{B1};
- отклонения в цепочке приборов акустических измерений U_{B2};
- погрешность акустических измерений, связанных с местом установки плиты монтажа микрофона U_{B3};
- погрешность расстояния от микрофона до мачты U_{B4};
- погрешность акустического импеданса воздуха U_{B5};
- погрешность измерения шума ВЭУ из-за изменяющихся погодных условий, включая турбулентность U_{B6};
- погрешность всех измеряемых или полученных скоростей ветра U_{B7}, включая погрешности калибровки анемометра, эффекты площадки, характеристика мощности и использование данных свыше 95 % номинальной мощности;
- погрешность направления измерения ветра U_{B8};
- корректировка фона U_{B9}.

Для всех упомянутых здесь погрешностей типа *Б* принято допущение о прямоугольном распределении возможных значений для упрощения диапазона, указываемого как «± *a*». Стандартное отклонение для подобного распределения:

$$U = \frac{a}{\sqrt{3}}. \qquad (D.2)$$

В таблице D.1 представлены возможные значения стандартных компонентов погрешности в качестве примеров. Их следует использовать как руководство для оценок в реальных ситуациях.

Таблица D.1 – Примеры различных значений компонентов погрешности типа *Б*, имеющие отношение к уровню мнимой звуковой мощности

Компонент	Возможный стандартный диапазон	Возможная стандартная характерная погрешность	Стандартная погрешность возможного худшего случая
Калибровка U_{B1}	± 0,3 дБ	0,2 дБ	0,3 дБ
Прибор U_{B2}	± 0,3 дБ	0,2 дБ	0,4 дБ
Плита U_{B3}	± 0,5 дБ	0,3 дБ	0,9 дБ
Расстояние U_{B4}	± 0,1 дБ	0,1 дБ	0,2 дБ
Импеданс U_{B5}	+ 0,2 дБ	0,1 дБ	0,3 дБ
Турбулентность U_{B6}	± 0,7 дБ	0,4 дБ	0,9 дБ
Скорость ветра, измеренная[a] U_{B7} Скорость ветра, извлеченная[b] U_{B7}	± 1,5 дБ ± 0,3 дБ	0,9 дБ[b] 0,2 дБ[b]	3,3 дБ[b] 0,6 дБ[b]
Направление U_{B8}	+0,5 дБ	0,3 дБ	0,6 дБ
Фон U_{B9}	Равный применяемой корректировке	Пример: 0,1 дБ	0,8 дБ

[a] См. раздел D.3

[b] При условии зависимости скорости ветра 1,2 дБ на м/с.

[c] Указанные значения – для скоростей ветра, полученных из кривой мощности. Ожидается, что погрешности для скоростей ветра свыше 95 % номинальной мощности будут выше заявленных значений.

Комбинированную стандартную погрешность находят как корень из суммы квадратов параметров:

$$U_C = \sqrt{U_A^2 + U_{B1}^2 + U_{B2}^2 + \ldots} \ . \qquad \text{(D.3)}$$

В примерах, где стандартная ошибка оцениваемой L_{Aeq} составляет 0.5 дБ (обычно) или 1.5 дБ (худший случай), комбинированные стандартные погрешности можно найти как U_C = 0,9 дБ (обычно) и U_C = 2,5 дБ (худший случай). В случаях с явными эффектами от площадки ожидается бóльшая погрешность.

D.4.2 Коэффициент направленности действия

Для оценки стандартной погрешности коэффициента направленности действия можно использовать в $\sqrt{2}$ раз больше комбинированной стандартной погрешности мнимой звуковой мощности в тех случаях, когда не делают более подробного расчета погрешности.

D.4.3 Спектр третьоктавной полосы

Для третьоктавной полосы U_A для каждой полосы является стандартной ошибкой усредненного уровня полосы, которое рассчитывают как стандартное отклонение, поделенное на $\sqrt{N-1}$, где N – число измеряемых спектров (не менее трех).

Значение U_{B3} необходимо учитывать в большей степени, чем для L_{WA}: оцененные обычные значения составляют 1,7 дБ для третьоктавных полос.

D.4.4 Тональность

Для тональности U_A для каждого тона – это стандартная ошибка усредненного уровня тона. Значение U_{B3} можно принять равным 1,7 дБ. Поскольку значение ΔL_{tn} переменно, а скорость ветра, как ожидается, имеет второстепенное значение, можно взять значения U_{B1}, U_{B4} и U_{B6} меньше, чем для L_{WA}, в соответствии с таблицей D.1.

Библиография

[1]	МЭК 61672-1:2002	Электроакустика Измерители уровня звука – Часть 1: Спецификация
[2]	ИСО 7196:1995	Акустика – Зависящая от частоты характеристика для инфразвуковых измерений
[3]	ИСО/МЭК 98-3:1995	Неопределенность измерений. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерений (GUM:1995)
[4]	МЭК 1094-1–92	Микрофоны измерительные. Часть 1. Требования к лабораторным эталонным микрофонам
[5]	МЭК 1094-4–95	Микрофоны измерительные. Часть 4. Требования к рабочим эталонным микрофонам
[6]	МЭК 60386:1972	Метод измерения флуктуаций скорости в оборудовании записи и воспроизведения звука
[7]	МЭК 60651:1979	Измерители уровня звука
[8]	МЭК 60688:1992	Электрические датчики для преобразования электрических количеств переменного тока в аналоговый или цифровой сигналы
[9]	МЭК 60804:2000	Суммирующие, усредняющие измерители уровня звука
[10]	МЭК 60942:1997	Электроакустика – Калибраторы звука
[11]	МЭК 61260:1995	Электроакустика – Фильтры октавной полосы и дробно-октавной полосы частот
[12]	МЭК 61400-12:1998	Установки ветроэнергетические – Часть 12: Измерение мощности, вырабатываемой ветроэлектрическими установками

УДК 621.311.24/534.6:006.354 ОКС 27.180

Ключевые слова: возобновляемая энергетика, ветроэнергетика, установки ветроэнергетические, методы измерения акустического шума, акустический калибратор, уровни звуковой мощности, акустические данные.

Подписано в печать 01.08.2014. Формат 60x84 1/8.
Усл. печ. л. 4,19. Тираж 58 экз. Зак. 2810.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»

123995 Москва, Гранатный пер., 4.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru