ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 59938— 2021

БЕТОНЫ

Метод акустико-эмиссионного контроля

(ISO 16836:2019, NEQ)
(ISO 16837:2019, NEQ)
(ISO 16838:2019, NEQ)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2022

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Акционерным обществом «Научно-исследовательский центр «Строительство» (АО «НИЦ «Строительство») — Научно-исследовательским, проектно-конструкторским и технологическим институтом бетона и железобетона им. А.А. Гвоздева (НИИЖБ) при участии Общества с ограниченной ответственностью «ИНТЕРЮНИС-ИТ» (ООО «ИНТЕРЮНИС-ИТ»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 465 «Строительство»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 7 декабря 2021 г. № 1726-ст

4 В настоящем стандарте учтены основные нормативные положения следующих международных стандартов:

- ИСО 16836:2019 «Контроль неразрушающий. Акустико-эмиссионный контроль технического состояния. Метод измерения сигналов акустической эмиссии в бетоне» (ISO 16836:2019 «Non-destructive testing — Acoustic emission testing — Measurement method for acoustic emission signals in concrete», NEQ);
- ИСО 16837:2019 «Контроль неразрушающий. Акустико-эмиссионный контроль технического состояния. Метод испытаний для оценки повреждений в железобетонных балках» (ISO 16837:2019 «Non-destructive testing — Acoustic emission testing — Test method for damage qualification of rein-forced concrete beams», NEQ);
- ИСО 16838:2019 «Контроль неразрушающий. Акустико-эмиссионный контроль технического состояния. Метод классификации активных трещин в бетонных конструкциях» (ISO 16838:2019 «Non-destructive testing — Acoustic emission testing — Test method for classification of active cracks in concrete structure», NEQ)

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». 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 ежемесячного 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.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «РСТ», 2022

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 и определения 1
4 Акустико-эмиссионные системы для измерения сигналов акустической эмиссии в бетоне 2
5 Подготовка оборудования 3
6 Проверка работоспособности акустико-эмиссионной системы 4
7 Нагружение конструкции 4
8 Обработка результатов контроля 5
8.1 Классификация развивающихся трещин в бетонных конструкциях 5
8.2 Оценка повреждений в железобетонных балках 6
9 Протокол испытаний 7
Приложение А (справочное) Рекомендуемые типы преобразователей для контроля бетонных и железобетонных конструкций 8
Приложение Б (справочное) Пример обработки результатов классификации трещин в железобетонных балках 9
Приложение В (справочное) Пример обработки результатов оценки степени повреждений в железобетонных балках 11

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

БЕТОНЫ

Метод акустико-эмиссионного контроля

Concretes. Acoustic emission testing method

Дата введения — 2022—09—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на бетонные и железобетонные изделия и монолитные конструкции и устанавливает их метод акустико-эмиссионного контроля.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 8829 Изделия строительные железобетонные и бетонные заводского изготовления. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости

ГОСТ Р 52727 Техническая диагностика. Акустико-эмиссионная диагностика. Общие требования

СП 79.13330.2012 «СНиП 3.06.07-86 Мосты и трубы. Правила обследований и испытаний»

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов (сводов правил) 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 документ, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого документа с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку. Сведения о действии сводов правил целесообразно проверить в Федеральном информационном фонде стандартов.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **акустическая эмиссия;** АЭ: Излучение объектом (диагностирования, контроля, испытаний) акустических волн под воздействием нагрузки или влияний иных факторов.

3.2 **акустико-эмиссионная волна;** АЭ волна: Акустические волны, генерируемые источником акустической эмиссии.

3.3 **событие акустической эмиссии;** событие АЭ: Локальное динамическое изменение структуры материала объекта, приводящее к возникновению акустической эмиссии.

3.4 **сигнал акустической эмиссии;** сигнал АЭ: Электрический сигнал, полученный при обнаружении одного или нескольких событий акустической эмиссии.

Издание официальное

3.5 **импульс акустической эмиссии;** импульс АЭ: Любой сигнал, который превысил порог и вызвал регистрацию данных акустико-эмиссионной аппаратурой.

3.6 **акустико-эмиссионная антенна:** Группа из двух или большего числа преобразователей акустической эмиссии, расположенных на конструкции в целях обнаружения и локации источников, как правило, находящихся в пределах антенны.

3.7 **затухание:** Уменьшение амплитуды акустико-эмиссионных волн с расстоянием, обычно выражаемое в децибелах на единицу длины.

3.8 **акустико-эмиссионная помеха:** Составляющие акустико-эмиссионного сигнала, сформированные процессами, изучение которых не является целью текущего исследования объекта.

Примечание — Может иметь электромагнитную, акустическую или механическую природу происхождения, либо вызываться тепловыми флуктуациями.

3.9 ***RA*-значение, мкс/В:** Отношение времени нарастания импульса акустической эмиссии к его амплитуде.

3.10 **средняя частота импульса акустической эмиссии (AF), кГц:** Отношение числа выбросов в импульсе к его длительности.

3.11 **нагружения:** Приложение нагрузки в виде силы, давления, температуры и т. д., вызывающее активизацию акустической эмиссии.

3.12 **акустико-эмиссионная аппаратура;** аппаратура АЭ, АЭ система: Устройство, обеспечивающее прием, обработку, визуализацию и сохранение данных акустико-эмиссионного контроля.

3.13 **контактная среда:** Материал, применяемый на поверхности объекта контроля и преобразователя акустической эмиссии, для улучшения передачи акустической энергии через поверхность контакта во время акустико-эмиссионного контроля.

3.14 **источник Су-Нильсена:** Источник, имитирующий сигналы акустической эмиссии путем слома графитового стержня цангового карандаша, снабженного кольцевой насадкой, определяющей угол между карандашом и поверхностью объекта.

Примечание – Графитовый стержень должен быть диаметром 0,5 мм и твердостью 2Н (2Т). Если применяются стержни других диаметра или толщины, это должно быть указано в отчете, поскольку может привести к изменению входного воздействия.

4 Акустико-эмиссионные системы для измерения сигналов акустической эмиссии в бетоне

4.1 Система для проведения акустико-эмиссионного контроля в бетонных и железобетонных конструкциях включает в себя преобразователи АЭ, электронные блоки для усиления и обработки сигналов АЭ, а также электронно-вычислительные блоки для обработки и хранения.

4.2 Преобразователь АЭ предназначен для приема и преобразования акустического сигнала в электрический и определяет чувствительность контроля, а также рабочий частотный диапазон. Преобразователи АЭ должны обладать достаточной чувствительностью, чтобы регистрировать сигналы АЭ, генерируемые контролируемым объектом. Для контроля бетона могут быть применены резонансные или широкополосные преобразователи АЭ. Преобразователь резонансного типа наиболее чувствителен вблизи резонансной частоты, тогда как у широкополосного преобразователя приблизительная равномерная амплитудно-частотная характеристика в рабочем диапазоне частот, но он менее чувствителен, чем преобразователь резонансного типа. Рабочий частотный диапазон преобразователей следует выбирать исходя из условий шумов и затухания акустических волн в материале объекта.

Примечание — Типы преобразователей для контроля бетонных и железобетонных конструкций приведены в приложении А.

4.3 Используемые преобразователи должны быть стабильными во всем диапазоне температур, в котором проводится контроль, устойчивыми к воздействию влаги и вибрации и помехозащищенными.

4.4 Разброс коэффициента преобразования преобразователей АЭ при многоканальном контроле должен быть не более 3 дБ.

4.5 После установки преобразователей АЭ на объект проводят проверку их работоспособности с использованием имитатора сигналов АЭ. В качестве имитатора сигналов АЭ используют имитатор (источник Су-Нильсена).

4.6 Для проведения акустико-эмиссионного контроля следует использовать преимущественно многоканальную акустико-эмиссионную аппаратуру.

4.7 Предварительный усилитель размещают в непосредственной близости к преобразователю АЭ либо усилитель должен быть интегрированным в его корпус. Длина кабеля, соединяющего преобразователь и предварительный усилитель, должна быть не более 2 м.

4.8 Блок предварительного усиления должен обеспечивать предварительную фильтрацию аналогового сигнала. Частотный диапазон аналогового фильтра должен соответствовать частотному диапазону цифрового фильтра акустико-эмиссионной системы.

4.9 Частотный диапазон применяемых фильтров следует определять с учетом рабочего частотного диапазона преобразователей АЭ, предварительного усилителя и уровня шумов. Рекомендуемый диапазон для контроля бетонных и железобетонных конструкций составляет от 10 до 100 кГц.

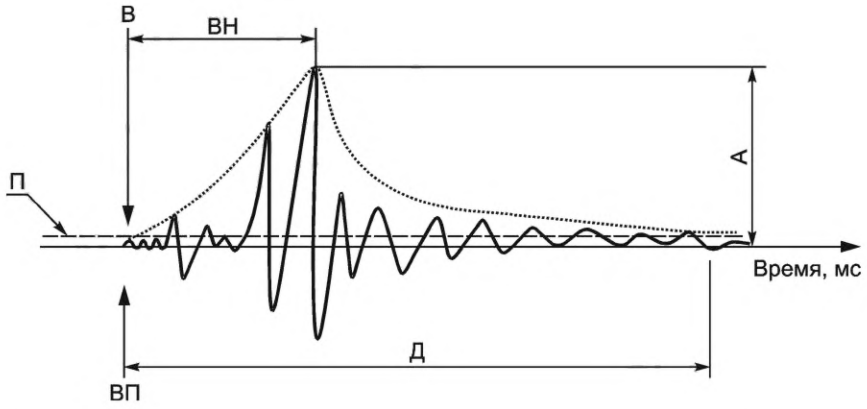
4.10 Акустико-эмиссионная система должна осуществлять регистрацию по каждому измерительному каналу. Для каждого зарегистрированного импульса АЭ система должна проводить измерение/вычисление минимум таких параметров, как:

- амплитуда сигнала АЭ;
- энергия события АЭ;
- время нарастания сигнала АЭ;
- длительность сигнала АЭ;
- число выбросов АЭ;
- средняя частота импульса АЭ;
- время регистрации.

4.11 Акустико-эмиссионная система должна обеспечивать определение местоположения источников АЭ на основании разницы времени прихода сигналов АЭ на преобразователи антенной решетки.

4.12 Акустико-эмиссионная система должна обеспечивать обработку и отображение информации в режиме реального времени, а также сохранение информации для последующего анализа в цифровой форме.

4.13 На рисунке 1 приведен сигнал АЭ и обозначены его основные параметры, которые должны быть зарегистрированы АЭ системой.



П — пороговый уровень; В — вступление акустической волны; ВП — время прихода; ВН — время нарастания сигнала АЭ; Д — длительность сигнала АЭ; А — амплитуда сигнала АЭ

Рисунок 1 — Параметры сигнала АЭ

4.14 Рекомендуемые типы преобразователей для контроля бетонных и железобетонных конструкций приведены в приложении А.

5 Подготовка оборудования

5.1 Перед проведением испытаний измеряют уровень шума, устанавливают порог регистрации аппаратуры, измеряют скорость распространения АЭ волн, определяют затухание сигнала АЭ, допустимое максимальное расстояние между преобразователями АЭ в соответствии с ГОСТ Р 52727,

а также выбирают места установки преобразователей АЭ. Пороговый уровень должен быть установлен на 6 дБ выше уровня шумов.

5.2 Преобразователи АЭ устанавливают на конструкцию через контактную среду и фиксируют с помощью струбцин или магнитных держателей. Магнитные держатели устанавливают на заранее приклеенные металлические пластины. В качестве контактной среды используют литол, пластилин, а также жидкости, обеспечивающие надежный акустический контакт на протяжении всего процесса испытаний.

5.3 Для бетонных конструкций допускается установка преобразователей на волноводы, закрепленные на поверхность конструкции (поверхностные волноводы) или помещенные в бетон (глубинные волноводы).

5.4 При размещении преобразователей АЭ на конструкцию необходимо предусмотреть крепления коммуникационных кабелей и предварительного усилителя к конструкции.

5.5 Размещение и число преобразователей АЭ на конструкции определяется задачами контроля и требуемой точностью локации источников АЭ. Наиболее точную информацию об источнике АЭ получают от преобразователя, расположенного наиболее близко к источнику АЭ. Для балочных элементов преобразователи АЭ рекомендуется размещать в растянутой, сжатой зоне и на опорах.

5.6 В случае многоканальной локации сигнал от источника Су-Нильсена должен регистрироваться каждым из преобразователей соответствующей антенной решетки.

6 Проверка работоспособности акустико-эмиссионной системы

6.1 Проверку работоспособности АЭ системы выполняют непосредственно перед проведением испытаний, а также после проведения испытаний с помощью источника Су-Нильсена, расположенного на фиксированном расстоянии от каждого преобразователя АЭ. Отклонение зарегистрированной амплитуды сигнала АЭ от средней величины для всех каналов не должно быть более 3 дБ.

6.2 Уровень шума оценивают заранее перед измерением. Необходимо провести отстройку от внешних шумов, таких как технологический шум, ветер, дождь, вибрации. В случае если источники шумов имеют сходный частотный спектр с сигналами от имитатора, а амплитуды сигналов АЭ и шумов неизвестны, требуется оценивать параметры шумов заблаговременно, в целях их фильтрации.

6.3 Отстройку от шумов осуществляют с помощью:

- порога;
- частотных фильтров в виде комбинации фильтра низких частот, который используется для устранения электрических шумов, и фильтра высоких частот, который используется для устранения фоновых шумов. Границы частотного диапазона в бетоне следует устанавливать от 10 до 100 кГц;
- заземления АЭ системы для уменьшения электромагнитных помех.

7 Нагружение конструкции

7.1 Нагружение конструкции должно соответствовать схемам испытаний, приведенным в нормативных документах или проектной документации. По согласованию с проектной организацией допускается указанную на схемах испытаний равномерно распределенную нагрузку заменять эквивалентными нагрузками, создаваемыми равными сосредоточенными силами.

7.2 Сосредоточенные силы создаются посредством системы рычагов и распределительных балок, передающих на испытуемое изделие нагрузку от домкратов или платформ с грузами.

7.3 Порядок испытаний устанавливают в соответствии с ГОСТ 8829, СП 79.13330.

7.4 Перед проведением испытания конструкцию следует осмотреть и зафиксировать обнаруженные дефекты и трещины.

7.5 Нагрузку следует прикладывать поэтапно ступенями (долями), каждая из которых не должна превышать 5 % контрольной нагрузки по образованию трещин.

8 Обработка результатов контроля

8.1 Классификация развивающихся трещин в бетонных конструкциях

8.1.1 Классификацию развивающихся трещин выполняют при ступенчатом нагружении конструкции. В ходе испытания наряду со стандартными параметрами сигналов АЭ (4.10) регистрируют *RA*-значения и среднюю частоту импульса АЭ — *AF*.

8.1.2 *RA*-значение вычисляют по формуле

$$RA\text{-значение} = \frac{RT}{A_{max}}, \quad (1)$$

где RT — время нарастания сигнала АЭ, мкс;

A_{max} — амплитуда сигнала АЭ, В.

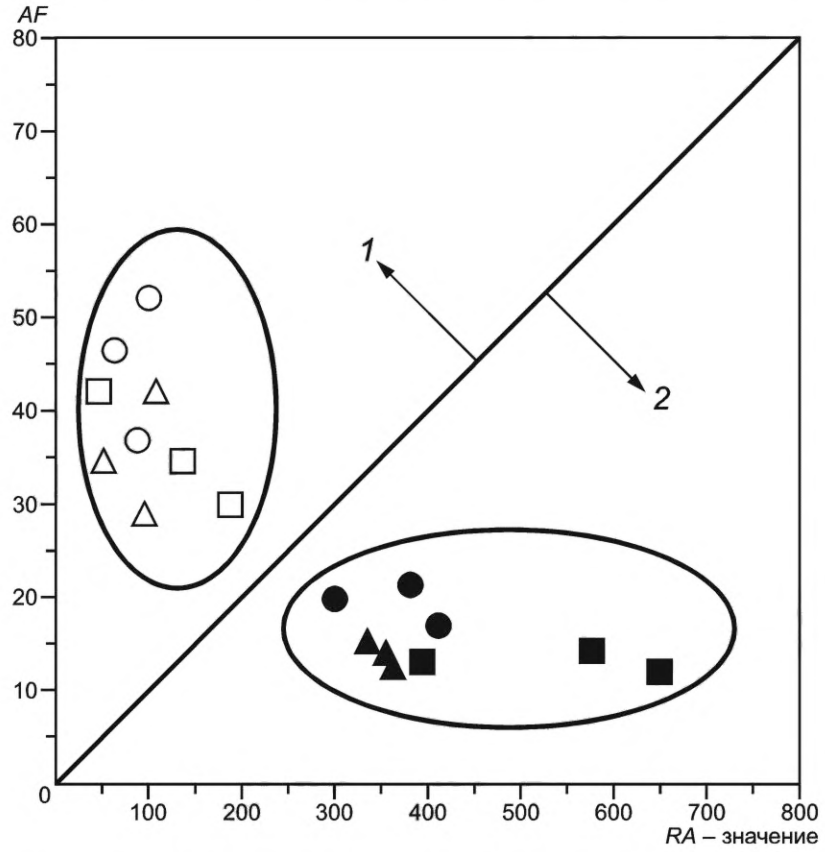
8.1.3 Среднюю частоту импульса АЭ *AF*, кГц, вычисляют по формуле

$$AF = \frac{C}{T_d}, \quad (2)$$

где C — число выбросов сигнала АЭ;

T_d — длительность сигнала АЭ, мкс.

8.1.4 По численным значениям параметров *RA* и *AF* выполняют классификацию источников АЭ по трещинам растяжения, трещинам сдвига и другим типам трещин в соответствии с диаграммой, приведенной на рисунке 2.



1 — область, соответствующая трещинам растяжения; *2* — область, соответствующая трещинам сдвига и иным типам трещин; ○ — для преобразователя АЭ с резонансной частотой 60 кГц; □ — для преобразователя АЭ с резонансной частотой 15 кГц; △ — для преобразователя АЭ с резонансной частотой 150 кГц; ● — для преобразователя АЭ с резонансной частотой 60 кГц; ■ — для преобразователя АЭ с резонансной частотой 15 кГц; ▲ — для преобразователя АЭ с резонансной частотой 150 кГц

Рисунок 2 — Классификация типов трещин по параметрам *RA* и *AF*

8.1.5 Каждую точку на рисунке 2 рассчитывают на основании усреднения 50 или более импульсов АЭ.

Примечание — Пример обработки результатов классификации типов трещин приведен в приложении Б.

8.2 Оценка повреждений в железобетонных балках

8.2.1 Оценку повреждений выполняют при циклическом нагружении конструкции. Повреждения балок оценивают с помощью коэффициента нагрузки L и коэффициента разгрузки CR.

8.2.2 Коэффициент нагрузки L вычисляют по формуле

$$L = \frac{L_o}{L_p}, \tag{3}$$

где L_o — величина нагрузки при появлении АЭ в последующем цикле нагружения;

L_p — предыдущая максимальная нагрузка.

8.2.3 Коэффициент разгрузки CR вычисляют по формуле

$$CR = \frac{A_u}{A_t}, \tag{4}$$

где A_u — суммарная АЭ при снятии нагрузки;

A_t — суммарная АЭ цикла нагружения, выдержки под нагрузкой и снятия нагрузки.

8.2.4 Допускается вычисление коэффициента разгрузки CR по формуле

$$CR = \frac{A_u}{A_l}, \tag{5}$$

где A_u — суммарная АЭ при снятии нагрузки;

A_l — суммарная АЭ при приложении нагрузки.

Примечание — АЭ определяют по числу импульсов сигнала АЭ. Появление АЭ под нагрузкой определяют как момент непрерывного наблюдения импульсов АЭ с пиковой амплитудой на 5 дБ выше АЭ порогового уровня.

8.2.5 По численным значениям коэффициентов L и CR проводят оценку степени повреждения в соответствии с диаграммой, приведенной на рисунке 3.



Рисунок 3 — Оценка степени повреждения железобетонных балок на основании коэффициентов нагрузки и коэффициента разгрузки

8.2.6 Степень повреждения железобетонных балок устанавливают по ширине раскрытия трещин, наличию наклонных трещин, разрушению сжатого бетона, появлению сквозных трещин.

Примечание — Пример обработки результатов оценки повреждений приведен в приложении В.

8.2.7 Конкретные значения границ классификации для коэффициента нагрузки *L* и коэффициента разгрузки *CR* допускается уточнять на основании предварительных испытаний, проводимых в лаборатории.

9 Протокол испытаний

Протокол испытаний должен включать в себя следующую информацию:

- дата проведения испытаний;
- наименование организации, проводящей испытания;
- данные об объекте:
- наименование;
- проектная прочность бетона конструкции, МПа;
- дата ввода в эксплуатацию;
- коэффициент затухания акустических волн, дБ/м;
- скорость распространения акустических волн в материале объекта;
- эскиз объекта с указанием размеров и мест установки преобразователей АЭ (приводится в приложении к протоколу);
- параметры нагружения, включающие в себя значения нагрузок и выдержки;
- тип и характеристика аппаратуры АЭ;
- число и тип преобразователей;
- контактная среда;
- режим работы аппаратуры АЭ и проверка ее работоспособности (до и после проведения испытаний):
- коэффициент предварительного усиления, дБ;
- уровень порога по каналам, дБ;
- рабочая полоса частот, кГц.

Приложение А
(справочное)

Рекомендуемые типы преобразователей для контроля бетонных и железобетонных конструкций

Для АЭ контроля бетонных и железобетонных конструкций рекомендуется использовать следующие типы преобразователей:

- преобразователи АЭ с резонансной частотой 150 кГц для лабораторных измерений образцов небольших размеров, например, 100×200 мм;
- преобразователи АЭ с резонансной частотой 60 кГц для измерений крупных образцов, например, размерами 1000×1000×1000 мм.

Для сильно поврежденных конструкций допускается использовать акселерометры с резонансной частотой менее 20 кГц.

Приложение Б
(справочное)

Пример обработки результатов классификации трещин в железобетонных балках

Б.1 Настоящее приложение содержит результаты испытания шарнирно опертой железобетонной балки на трехточечный изгиб. Сосредоточенная сила прикладывалась в середине пролета балки. Сечение балки 150×200(h)×1500 мм. Рабочий пролет балки — 1350 мм. Балка изготовлена из бетона по прочности на сжатие В90. Балка армирована тремя арматурными стержнями диаметром 14 мм в нижнем сечении, двумя арматурными стержнями диаметром 10 мм в среднем сечении и двумя арматурными стержнями диаметром 14 мм в верхнем сечении. Режим приложения нагрузки к балке — ступенчатый. Балку доводили до разрушения.

Б.2 Для измерения АЭ использовали многоканальную АЭ систему в комплектации с 12 каналами с преобразователями с рабочей полосой частот 30—300 кГц. Порог был установлен 40 дБ. Этот порог позволил устранить фоновый шум и зафиксировать АЭ при трещинообразовании. Преобразователи АЭ крепились с двух сторон на боковые поверхности балки с помощью магнитных держателей в соответствии с 5.2. Для создания акустического контакта применялся литол.

Б.3 Нагрузку прикладывали ступенчато. На каждой ступени нагружения проводили измерения прогиба балки, длины и ширины раскрытия трещин, фиксировали положение трещины. Аппаратурой АЭ регистрировались параметры сигналов АЭ:

RT — время нарастания сигнала АЭ, мкс;

A_{max} — амплитуда сигнала АЭ, В;

C — число выбросов сигнала АЭ;

T_d — длительность сигнала АЭ, мкс.

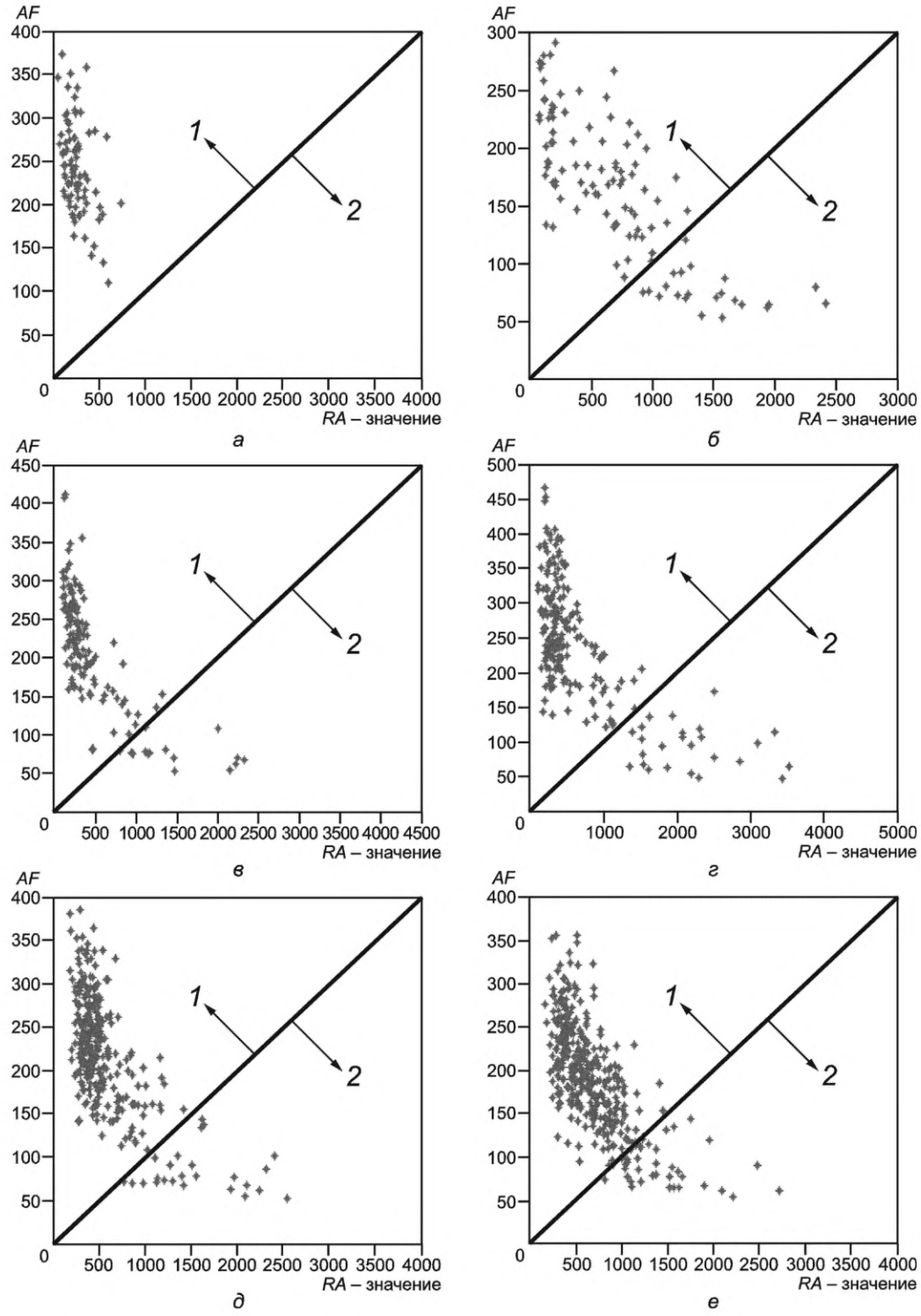
Б.4 По формулам (1) и (2) вычисляли AF импульсов и RA-значение путем усреднения данных параметров для выборки из 50 импульсов или более. Каждое значение нанесли на диаграмму для классификации (рисунок Б.1).

Б.5 На рисунке Б.1 приведена классификация активных трещин для данной балки. Из рисунка Б.1*а*, следует, что активные трещины относятся к трещинам растяжения. Для данной нагрузки (15 кН) в балке было зафиксировано две трещины в середине пролета балки раскрытием шириной 0,1 мм в растянутой зоне бетона.

На следующем этапе нагружения (рисунок Б.1*б*) активные трещины классифицируются как трещины растяжения и трещины сдвига. На этом этапе в растянутой зоне бетона появилась новая трещина, длины существующих трещин увеличились.

Появление на диаграмме трещин сдвига визуальным контролем подтверждено не было. Только на следующем этапе нагрузки вблизи опоры образовалась видимая трещина небольшой длины. Наклонная трещина визуально была зафиксирована только при нагрузке 60 кН (рисунок Б.1*г*). Это указывает на то, что метод АЭ позволяет обнаружить дефект задолго до видимого его проявления.

На рисунках Б.1*д*, *е* показана классификация активных трещин при дальнейшем увеличении нагрузки.



1 — область, соответствующая трещинам растяжения; *2* — область, соответствующая трещинам сдвига и иным типам трещин

Рисунок Б.1 — Пример классификации активных трещин при нагрузках 15 кН (*а*), 30 кН (*б*), 45 кН (*в*), 60 кН (*г*), 75 кН (*д*), 85 кН (*е*)

Приложение В
(справочное)

Пример обработки результатов оценки степени повреждений в железобетонных балках

В.1 Настоящее приложение содержит результаты испытания шарнирно опертой железобетонной балки на трехточечный изгиб. Сосредоточенная сила прикладывалась в середине пролета балки. Сечение балки 150×200(h)×1500 мм. Рабочий пролет балки — 1350 мм. Балка изготовлена из бетона по прочности на сжатие В60. Балка армирована двумя арматурными стержнями диаметром 14 мм в нижнем сечении, двумя арматурными стержнями диаметром 10 мм в среднем и верхнем сечениях.

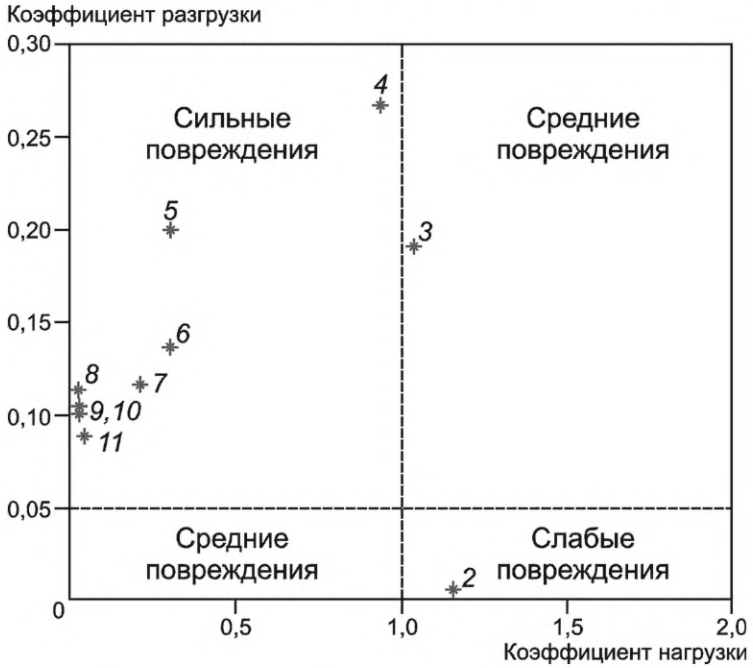
В.2 Для измерения АЭ использовали 12-канальную АЭ систему. Использовались преобразователи с рабочей полосой частот 30—300 кГц. Порог был установлен 40 дБ. Этот порог позволил устранить фоновый шум и зафиксировать АЭ при трещинообразовании. Преобразователи АЭ крепились с двух сторон на боковые поверхности балки с помощью магнитных держателей в соответствии с 5.2. Для создания акустического контакта применялся литол.

В.3 Режим приложения нагрузки к балке — ступенчатый, с разгрузкой и повторным нагружением на каждой ступени. Выдержка под нагрузкой проводилась 10—5 мин. Балку доводили до разрушения.

В.4 В процессе нагружения и выдержки под нагрузкой проводились измерения прогиба образца, длины и ширины раскрытия трещин, а также регистрация параметров сигналов АЭ в соответствии с 4.10.

В.5 Для каждого цикла определялись L_o, L_p, A_u, A_t или A_l в соответствии с 8.2.

По формулам (3) и (4) провели расчет коэффициента нагрузки и коэффициента разгрузки для каждого цикла. В случае использования многоканальной системы расчет проводят для самого активного канала. Полученные значения нанесли на диаграмму. Диаграмма оценки повреждений приведена на рисунке В.1.



1 — нагрузка 15 кН; *2* — нагрузка 30 кН; *3* — нагрузка 45 кН; *4* — нагрузка 60 кН; *5* — нагрузка 75 кН; *6* — нагрузка 85 кН; *7* — нагрузка 95 кН; *8* — нагрузка 105 кН; *9* — нагрузка 115 кН; *10* — нагрузка 125 кН; *11* — нагрузка 135 кН

Рисунок В.1 — Пример оценки степени повреждения в балке

В.6 На рисунке В.1 приведена оценка степени повреждения в балке. Повреждения характеризуются как слабые, средние, сильные. Степень повреждения балки устанавливалась по ширине раскрытия трещин, суммарной длине трещин на этапе нагружения, наличию наклонных трещин, разрушению сжатого бетона, появлению сквозных трещин.

В.7 Для целей настоящей обработки было принято, что слабые повреждения соответствуют трещине раскрытием шириной 0,1—0,2 мм, средние повреждения соответствуют трещине раскрытием шириной 0,25—0,3 мм и/или появлению горизонтальных и/или наклонных трещин, сильные повреждения соответствуют трещине раскрытием шириной более 0,35 мм. Сильные повреждения характеризуются также разрушением сжатой зоны бетона и появлением сквозной трещины.

УДК 620.179.17:006.354 ОКС 19.100

Ключевые слова: бетонные и железобетонные конструкции, акустическая эмиссия, повреждения, трещины

Редактор *Е.В. Якубова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *И.А. Королева*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 08.12.2021. Подписано в печать 10.01.2022. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,70.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «РСТ» для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

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

gost.e-ecolog.ru