

УДК 620.179.17

А.И. САГАЙДАК¹, канд. техн. наук (sagaidak-niizhb@mail.ru);
Е.С. БОРОВКОВА², физик (e.borovkova@psu.by)

¹ Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона им. А.А. Гвоздева (НИИЖБ), АО «НИЦ «Строительство» (109428, г. Москва, ул. 2-я Институтская, 6)

² Полоцкий государственный университет (212440, Республика Беларусь, г. Новополоцк, ул. Блохина, 29)

Отечественные нормативные документы по применению метода акустической эмиссии в строительстве. Перспективы дальнейшей стандартизации

Выполнен обзор зарубежных и отечественных нормативных документов по применению метода акустической эмиссии в строительстве. Представлен анализ перспективных разработок и исследований, а также сформулированы предложения проведения НИР и НИОКР для использования метода акустической эмиссии в строительстве с целью разработки новых тем для стандартов по методу акустической эмиссии, в том числе и уникальных, не имеющих аналогов за рубежом. Разработаны предложения по обновлению базы стандартов по методу акустической эмиссии и созданию новых документов в указанной области.

Ключевые слова: акустическая эмиссия, стандарты, неразрушающий контроль, техническая диагностика, строительные конструкции.

Для цитирования: Сагайдак А.И., Боровкова Е.С. Отечественные нормативные документы по применению метода акустической эмиссии в строительстве. Перспективы дальнейшей стандартизации // Бетон и железобетон. 2021. № 5–6 (607–608). С. 52–59.

A.I. SAGAYDAK¹, Candidate of Sciences (Engineering) (sagaidak-niizhb@mail.ru);
E.S. BOROVKOVA², physicist (e.borovkova@psu.by)

¹ Research, Design and Technological Institute of Concrete and Reinforced Concrete named after A.A. Gvozdev (NIIZhB), JSC "Research Center of Construction" (6, 2nd Institut'skaya Street, Moscow, 109428, Russian Federation)

² Polotsk State University (29, Blokhina Street, Novopolotsk, 212440, Republic of Belarus)

Domestic Regulatory Documents on the Application of the Acoustic Emission Method in Construction. Prospects for Further Standardization

A review of foreign and domestic regulatory documents on the application of the acoustic emission (AE) method in construction has been performed. An analysis of promising developments and research is presented, as well as proposals are formulated for conducting research and development works on the use of AE method in construction in order to develop new topics for standards on AE method, including unique ones that have no analogues abroad. Proposals for updating the base of standards for AE method and creating new documents in this area have been developed.

Keywords: acoustic emission, standards, non-destructive testing, technical diagnostics, building structures.

For citation: Sagaidak A.I., Borovkova E.S. Domestic Regulatory Documents on the Application of the Acoustic Emission Method in Construction. Prospects for Further Standardization. *Beton i Zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete]. 2021. No. 5–6 (607–608), pp. 52–59. (In Russian).

Ранее был выполнен анализ [1, 2] стандартов и руководящие принципы по применению метода акустической эмиссии (АЭ), разработанные международными, национальными и региональными организациями по стандартизации. Анализ показал, что метод АЭ широко стандартизирован и нашел применение в различных отраслях: нефтегазовой, атомной, авиационной промышленности. Нормативных документов по применению метода АЭ на тот момент в строительстве разработано было не много.

В 2021 г. был подготовлен обзор [3] отечественных и зарубежных стандартов по АЭ. Часть матери-

алов, касающихся нормативных документов по применению АЭ метода в строительстве, в публикацию не вошла.

В данной статье приводятся данные о состоянии зарубежной и отечественной нормативных баз по использованию АЭ в строительстве.

Перечень документов, разработанных зарубежными организациями, показан в табл. 1.

Несколько стандартов разработано коллегами из Украины, европейскими, американскими, японскими организациями по стандартизации. В 2019 г. на основании рекомендации технического комитета

Таблица 1
Table 1

Зарубежные стандарты и руководящие документы по АЭ в строительстве
Foreign standards and guidance documents on AE in construction

Индекс и год выпуска	Наименование стандарта
MBV 218-03450778-240-2004	Метод акустико-эмиссионного диагностирования технического состояния мостов при статических испытаниях
M 218-03450778-426:2005	Методика акустико-эмиссионного диагностирования состояния дорожных одежд
M 218-03450778-677:2010	Методика постоянного наблюдения за транспортными сооружениями акустико-эмиссионным методом
M 218-05467951-655:2008	Методика цифровой локации дефектов в железобетонных конструкциях и асфальтобетонных покрытиях
ДСТУ ISO 18249:2018	Неразрушающий контроль. Акустическая эмиссия. Контроль фиброармированных полимеров. Специальная методика и критерии общей оценки (ISO 18249:2015, IDT)
M218-03450778-632:2007.	Методика определения степени коррозии арматуры в железобетонных конструкциях автодорожных мостов с использованием метода акустической эмиссии
MBV 218-03450778-240–2004	Метод акустико-эмиссионного диагностирования технического состояния мостов при статических испытаниях
M 218-03450778-677:2010	Методика постоянного наблюдения за транспортными сооружениями акустико-эмиссионным методом
M 218-05467951-655:2008	Методика цифровой локации дефектов в железобетонных конструкциях и асфальтобетонных покрытиях
PВ.2.3-218-03450778-662	Рекомендации по диагностике железобетонных балочных конструкций автодорожных мостов, которые работают в условиях малоцикловых нагрузок с использованием метода акустической эмиссии
NDIS 2421 2000 г.	<i>Recommended practice for in situ monitoring of concrete structures by acoustic emission</i> Рекомендуемая методика АЭ мониторинга бетонных конструкций на объекте
ISO 16836:2019	<i>Non-destructive testing. Acoustic emission testing. Measurement method for acoustic emission signals in concrete.</i> Контроль неразрушающий. АЭ контроль. Метод измерения сигналов АЭ в бетоне
ISO 16837:2019	<i>Non-destructive testing. Acoustic emission testing. Test method for damage qualification of reinforced concrete beams</i> Контроль неразрушающий. АЭ контроль технического состояния. Метод контроля и оценки повреждений в железобетонных балках
ISO 16838:2019	<i>Non-destructive testing. Acoustic emission testing. Test method for classification of active cracks in concrete structure</i> Контроль неразрушающий. АЭ контроль. Метод контроля для классификации развивающихся трещин в бетонных конструкциях
ASTM E2983-14 (2019)	<i>Standard Guide for Application of Acoustic Emission for Structural Health Monitoring</i> Стандартное руководство по применению метода АЭ для мониторинга технического состояния конструкций
ASTM E3100-17	<i>Standard Guide for Acoustic Emission Examination of Concrete Structures</i> Стандартное руководство по АЭ контролю бетонных конструкций
ASTM E 569/E569M-20	<i>Standard Practice for Acoustic Emission Monitoring of Structures During Controlled Stimulation</i> Стандартная процедура АЭ мониторинга конструкций в процессе контролируемого нагружения
Recommendation of RILEM TC 212-ACD	<i>Measurement method for acoustic emission signals in concrete</i> Метод измерения сигналов АЭ в бетоне <i>Test method for damage qualification of reinforced concrete beams by acoustic emission</i> Метод испытаний для оценки повреждений в железобетонных балках <i>Test method for classification of active cracks in concrete structures by acoustic emission</i> Метод испытаний для классификации развивающихся трещин в бетонных конструкциях

212 РИЛЕМ (Международный союз экспертов и лабораторий по испытанию строительных материалов, систем и конструкций) было разработано три стандарта ISO 16836, ISO 16837, ISO 16838, касающихся измерения АЭ в бетонных конструкциях, и предложено два стандарта по оценке повреждений и классификации

развивающихся трещин в бетонных и железобетонных балках методом АЭ. Информация о зарубежных разработках за ближайшие десять лет представлена в [6–9, 12–18]. Американские стандарты ASTM E2983, ASTM E3100, ASTM E 569/E569M разработаны в виде рекомендаций и носят рекомендательный характер.

Таблица 2
Table 2Перечень международных стандартов, находящихся в стадии разработки
List of international standards under development

Индекс стандарта	Наименование стандарта
ISO/TC 135/SC 9/WG 8	<i>Acoustic emission testing of metallic structures</i> АЭ испытания металлических конструкций
CEN TC138/WG7	<i>Non-destructive testing. Acoustic emission testing. Equipment characterization. Part 2: Verification of operating characteristics.</i> Неразрушающий контроль. АЭ контроль. Характеристика оборудования. Часть 2: Проверка эксплуатационных характеристик
CEN TC138/WG7	<i>Non-destructive testing. Acoustic emission testing. Application of AE within the scope of in-service (periodic) inspection and requalification.</i> АЭ контроль. Применение АЭ в рамках эксплуатационного (периодического) контроля и переквалификации

В ближайшее время международными комитетами по стандартизации ISO и CEN (табл. 2) планируется разработать несколько стандартов. Стандарты будут посвящены процедуре поверки АЭ оборудования и НК конструкций. Стандарт CEN TC138 будет посвящен требованию к персоналу, проводящему АЭ контроль (SEN – Европейский комитет по стандартизации).

Действующие отечественные стандарты приведены в табл. 3. Представленные документы разра-

ботаны для поверки приборов и датчиков АЭ, контроля сосудов давления, котлов и трубопроводов. Из приведенного перечня только ГОСТ Р 52727 содержит общие принципы для АЭ контроля строительных конструкций. Других отечественных документов, касающихся применения метода АЭ, в строительстве нет.

Большая часть отечественных нормативных документов (табл. 3) разработана 20 лет назад, а часть

Таблица 3
Table 3Сводный перечень отечественных стандартов и РД по АЭ
Summary list of domestic standards and RD for AE

Наименование документа	Разработчик	Комментарий к документу
ГОСТ Р 55045–2012 «Техническая диагностика. Акустико-эмиссионная диагностика. Термины, определения и обозначения»	ТК 132, АНО «НИЦ КД», ЗАО НТК НТЦ «Промышленная безопасность», Самарский филиал АООТ «Оргэнергонефть» и др.	Настоящий стандарт устанавливает термины и определения, а также буквенные обозначения основных понятий в области акустико-эмиссионной технической диагностики
ГОСТ Р ИСО 12716 «Контроль неразрушающий. Акустико-эмиссионный контроль. Термины и определения»	ООО «ИНТЕРЮНИС-ИТ» ООО «ДИАПАК»	Документ прошел публичное слушание в ТК371/ПК9 в 2021 г.
ГОСТ Р 52727–2007 «Техническая диагностика. Акустико-эмиссионная диагностика. Общие требования»	ТК132, ИАЭ им. Курчатова, Самарский филиал ОАО «Оргэнергонефть» и др.	Стандарт устанавливает применения акустико-эмиссионной диагностики для устройств, зданий и сооружений с целью оценки их соответствия требованиям промышленной безопасности
РД 03-299–99 «Требования к акустико-эмиссионной аппаратуре, используемой для контроля опасных производственных объектов»	Самарский филиал АООТ «Оргэнергонефть», ИАЭ им. Курчатова и др.	Руководство предназначено для определения технических характеристик и параметров аппаратуры АЭ. Документ регламентирует методы и средства определения параметров и технических характеристик аппаратуры АЭ
РД 03-300–99 «Требования к преобразователям акустической эмиссии, применяемых для контроля опасных производственных объектов»	Самарский филиал АООТ «Оргэнергонефть», ИАЭ им. Курчатова и др.	Требования распространяются на преобразователи АЭ, используемые для контроля промышленных объектов, а также при исследованиях АЭ в лабораторных условиях
ГОСТ Р 8.965–2019 «Акустико-эмиссионные приборы, информационно-измерительные, системы и комплексы»	ФГУП «ВНИИФТРИ», ТК 206 «Эталоны и поверочные системы»	Стандарт распространяется на акустико-эмиссионную аппаратуру (приборы, информационно-измерительные комплексы, системы) и устанавливает рекомендуемые методы из первичной и периодической поверки

Окончание табл. 3
End of table 3

Наименование документа	Разработчик	Комментарий к документу
МИ 1786–87. ГСИ. Основные параметры приемных преобразователей акустической эмиссии. Методика выполнения измерений	НПО «Дальстандарт»	Устанавливают методику выполнения измерений основных параметров приемных преобразователей АЭ общего назначения
ГОСТ Р ИСО 18436-8–2012 «Контроль состояния и диагностика машин. Требования к квалификации и оценке персонала. Часть 6. Метод АЭ»	ТК183, АНО «НИЦ КД»	Стандарт устанавливает требования к квалификации и оценке компетентности персонала, выполняющего работы по контролю состояния и диагностированию машин с использованием измерений и анализа сигналов акустической эмиссии
СТО Газпром 2-2.3-238–2008 «Методика АЭ контроля переходов газопроводов через водные преграды, автомобильные и железные дороги»	ФГУ «Научно-учебный центр «Сварка и контроль» при МГТУ им. Н.Э. Баумана	Стандарт устанавливает порядок проведения АЭ контроля переходов магистральных газопроводов через водные преграды, автомобильные и железные дороги, а также требования к АЭ аппаратуре, системе нагружения
СТО Газпром 1-1.3-328–2009 «Оценка технического состояния и срока безопасной эксплуатации технологических трубопроводов и компрессорных станций»	ОАО «Оргэнергогаз»	Стандарт распространяется на надземные и подземные технологические трубопроводы, сосуды, работающие под давлением, компрессорные станции подземных хранилищ газа и станции охлаждения газа
РД 50-447–83 «Общие положения и испытания на прочность. АЭ. Общие положения»	ВНИИНМАШ, МАИ, ЦНИИТМАШ, Институт атомной энергии	Документ устанавливает область применения, общие требования к объекту и условиям контроля, аппаратуре, порядку подготовки и проведения контроля, оформлению результатов и требования безопасности
МИ 207–80 «Методика определения местоположения развивающихся дефектов АЭ методом»	НПО «Дальстандарт»	Устанавливает АЭ метод контроля любых геометрических форм нагружаемых конструкций и любых сварных швов, выполненных дуговой, электрошлаковой, газовой и электронно-лучевой сваркой, для выявления развивающихся дефектов (РД)
ОСТ 92 1500–84 «Контроль неразрушающий. Сварные конструкции при прочностных испытаниях АЭ методом»	Госстандарт СССР	

документов разработана еще позже. За последние несколько лет органами стандартизации разработаны и проходят публичное обсуждение стандарты, сводный перечень которых приведен в табл. 4.

Из перечня стандартов (табл. 4) прошли публичные слушания ГОСТ Р ИСО 12716; ГОСТ Р ИСО 16836; ГОСТ Р ИСО 16837; ГОСТ Р ИСО 16838; ГОСТ Р 599388-2021 «Бетоны. Метод акустико-эмиссионного контроля» был утвержден в декабре 2021 г. [4].

Программа национальной стандартизации формируется ежегодно Росстандартом с учетом приоритетных направлений и тем, представленных ТК. В качестве приоритетного направления в стандартизации до 2024 г. является реализация национальных проектов и государственных программ. Направлениями разработки стандартов в 2021 г. стали: предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций, машиностроение, атомная промышленность, композитные и неметаллические материалы, нефтегазовая промышленность, промышленность строительных материалов.

В 2021–2024 гг. предложения по новым темам работ по стандартизации АЭ метода контроля подготовили ряд организаций и ТК. Планируется разработать национальные стандарты ГОСТ Р. Перечень стандартов приведен в табл. 5. Как видно, большинство стандартов будут гармонизированы с зарубежными.

В НИИЖБ им. А.А. Гвоздева проведены исследования по оценке качества сцепления арматуры различного профиля и диаметра с бетоном методом АЭ [5]. По результатам исследований будет разрабатываться ГОСТ Р «Бетоны. Акустико-эмиссионный метод контроля качества сцепления арматуры с бетоном». Разработка ГОСТа открывает новое направление – визуализация результатов АЭ контроля. Это будет нормативный документ, который позволит: визуализировать данные АЭ контроля; оценивать поля напряжений в приграничной с арматурным стержнем области; оценить влияние диаметра и вида профиля, состава бетона, крупности заполнителя на качества сцепления. Разработка документа запланирована в 2022 г.

Таблица 4
Table 4Список стандартов, проходящих публичное обсуждение
List of standards undergoing public discussion

Наименование документа	Разработчик	Стадия разработки
ГОСТ Р ИСО 12716 «Контроль неразрушающий. АЭ контроль. Термины и определения»	ООО «ИНТЕРЮНИС-ИТ», ЗАО НИИН МНПО «Спектр», ООО «ДИАПАК», НУЦ «Контроль и диагностика»	Актуализация стандарта
ГОСТ Р EN 13477-1 «Контроль неразрушающий. Метод акустической эмиссии. Требования к аппаратуре. Параметры аппаратуры», ГОСТ Р EN 13477-2 «Контроль неразрушающий. Метод акустической эмиссии. Требования к аппаратуре. Верификация параметров аппаратуры»	ЗАО «НПО «Алькор», ООО «ДИАПАК», Диатон, ООО «ИНТЕРЮНИС-ИТ»	Разработка проекта ГОСТ Р
ГОСТ Р «Контроль неразрушающий. Акустико-эмиссионный контроль. Преобразователи акустической эмиссии. Метод абсолютной калибровки способом импульсной электромагнитной деформации электропроводящего твердого тела»	Тольяттинский государственный университет (ТГУ), ООО «ДИАПАК», «ГИАП-ДИСТцентр»	Разработка проекта ГОСТ Р
ГОСТ Р ИСО 16836 «Контроль неразрушающий. Акустико-эмиссионный контроль технического состояния. Метод измерения параметров сигналов акустической эмиссии в бетоне»	АО «НИЦ «Строительство», ООО «ИНТЕРЮНИС-ИТ»	Разработка ГОСТ Р
ГОСТ Р ИСО 16837 «Контроль неразрушающий. Акустико-эмиссионный контроль технического состояния. Метод испытаний для оценки повреждений в железобетонных балках»	АО «НИЦ «Строительство», ООО «ИНТЕРЮНИС-ИТ»	Разработка ГОСТ Р
ГОСТ Р ИСО 16838 «Контроль неразрушающий. Акустико-эмиссионный контроль. Метод испытаний для классификации развивающихся трещин в бетонных конструкциях»	АО «НИЦ «Строительство», ООО «ИНТЕРЮНИС-ИТ»	Разработка ГОСТ Р
ГОСТ Р 59938-2021 «Бетоны. Метод акустико-эмиссионного контроля»	«НИЦ» «Строительство», ООО «ИНТЕРЮНИС-ИТ»	Присвоен номер стандарта. Дата введения в действие 01 сентября 2022 г.
РД «Техническое диагностирование. Контроль. Методические рекомендации по проведению акустико-эмиссионного контроля»	«ГИАП-ДИСТцентр» и др.	Обновление ПБ 03-593-03
Контроль неразрушающий. Акустико-эмиссионный метод контроля. Акустико-эмиссионный контроль в процессе сварки многопроходных сварных швов. Общие принципы	ФГУП «НПЦ «ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова»	Разработка ГОСТ Р
ГОСТ Р EN 13477-1-2021 «Контроль неразрушающий. Метод акустической эмиссии. Требования к аппаратуре. Часть 1. Параметры аппаратуры»	НПО «Алькор», ООО «ИНТЕРЮНИС-ИТ», ООО «ДИАПАК»	Разработка ГОСТ Р

Технический комитет ТК 269 РИЛЕМ «Оценка повреждений. Восстановление бетонных и каменных конструкций с помощью инновационного неразрушающего контроля» занимается разработкой метода визуализации повреждений при помощи АЭ томографии. Методика позволяет определить геометрические размеры повреждения в строительной конструкции. АЭ томография объединяет в себя АЭ и ультразвуковой метод диагностики. В АЭ томографии используются волны, генерируемые дефектом внутри конструкции при применении нагрузки. Скорость волны определяется с учетом траектории и наличия дефектов [16]. Планируется в 2023 г. проведение НИ-ОКР по этой теме.

В 2022 г. в НИИЖБ им. А.А. Гвоздева планируется провести НИОКР «Разработка методики контроля и

прогноза прочности бетона в раннем возрасте методом акустической эмиссии». При твердении бетонов регистрируются сигналы АЭ. Контроль АЭ при формировании структуры бетона и соответствующие методики обработки полученной информации позволят разработать метод контроля прочности бетонов (растворов). Проведенные исследования подтвердили перспективность АЭ контроля и прогноза прочности бетона в раннем возрасте методом АЭ [11]. Этот метод контроля имеет большие перспективы. Отличительной особенностью данного метода НК является возможность контроля прочности незатвердевшего бетона удаленно и без присутствия оператора на строительной площадке. Планируется разработать прототип прибора, реализующий передачу данных АЭ контроля по сети WI-FI.

Таблица 5
Table 5

**Планируемые для разработки стандарты на 2021–2024 гг.
Standards planned for development for 2021–2024**

Наименование стандарта	Предполагаемые разработчики	Статус стандарта
ГОСТ Р ASTM E2983 Standard Guide for Application of Acoustic Emission for Structural Health Monitoring (Стандартное руководство по применению АЭ для мониторинга конструкций)	АО НИЦ «Строительство»	ГОСТ Р ID ASTM 2983
ГОСТ Р ASTM E 569 Standard Practice for Acoustic Emission Monitoring of Structures During Controlled Stimulation (Стандартная методика АЭ контроля конструкций при контролируемом воздействии)	АО НИЦ «Строительство»	ГОСТ Р ID ASTM 2374
ГОСТ Р ASTM E 2374 Standard Guide for Acoustic Emission System Performance Verification (Стандартное руководство по проверке производительности АЭ системы)	Предполагаемый разработчик ООО «ИНТЕРЮНИС-ИТ»	ГОСТ Р ID ASTM 2374
ГОСТ Р EN 15857 Non-destructive testing – Acoustic emission. Testing of fibre reinforced polymers. Specific methodology and general evaluation criteria (Не разрушающий контроль. Метод АЭ. Испытания полимерной фибры. Специфическая методология и общие критерии оценки)	АО «НИЦ «Строительство»	ГОСТ Р ID EN 15857
ГОСТ Р EN 13554 «Не разрушающий контроль. АЭ контроль. Общие принципы»	«НУЦ «Контроль и диагностика», ООО «ИНТЕРЮНИС-ИТ»	ГОСТ Р ID EN13554
ГОСТ Р ISO 18249 Non-destructive testing – Acoustic emission testing – Specific methodology and general evaluation criteria for testing of fiber-reinforced polymers (ГОСТ Р ISO 18249 «Контроль неразрушающий. Акустико-эмиссионный метод контроля. Методы и общие критерии оценки состояния полимеров, армированных волокном»)	ИМАШ РАН, ЗАО «НИИИИ»	ГОСТ Р ID ISO
ГОСТ Р ASTM E3100 «Контроль бетонных конструкций методом АЭ»	АО «НИЦ «Строительство»	ГОСТ Р ID ID ASTM E3100
ГОСТ Р «Бетоны. Акустико-эмиссионный метод контроля прочности бетонов»	АО «НИЦ «Строительство»	Разработка ГОСТ Р
ГОСТ Р «Бетоны. Акустико-эмиссионный метод контроля качества сцепления арматуры с бетоном»	АО «НИЦ «Строительство»	Разработка ГОСТ Р
ГОСТ Р «Контроль неразрушающий. Акустико-эмиссионный метод контроля. Мониторинг технических устройств. Метод АЭ. Общие положения»	НТЦ «Эгида» совместно с ТК227	Разработка ГОСТ Р
ГОСТ Р EN 13477-1 «Контроль неразрушающий. Метод АЭ. Требования к аппаратуре. Часть 1. Параметры аппаратуры»	НПО «Алькор», ООО «ИНТЕРЮНИС-ИТ», ООО «ДИАПАК»	Разработка ГОСТ Р

Таблица 6
Table 6

**Предложения по проведению НИОКР с целью разработки новых стандартов по АЭ
Proposals for R&D in order to develop new standards for AE**

Название НИОКР	Планируемое название стандарта	Область применения и планируемые результаты
НИОКР «Не разрушающий контроль повреждений железобетонных конструкций и оценки эффективности восстановления конструкции при помощи АЭ томографии»	Разработка ГОСТ Р «Конструкции бетонные и железобетонные. Неразрушающий контроль повреждений АЭ томографией»	НК и ТД состояния поврежденных конструкций. НК качества оценки ремонта повреждения ремонтными составами
НИОКР «Разработка методики контроля и прогноза прочности бетона в раннем возрасте методом акустической эмиссии»	Разработка ГОСТ Р «Бетоны. Акустико-эмиссионный метод контроля прочности»	Определение сроков схватывания, прогноз прочности бетона, определение прочности бетонных смесей. Создание инновационного метода НК бетонов, который позволит дистанционно контролировать в труднодоступных местах прочность бетона конструкции

На 2022–2024 гг. в АО «НИЦ» «Строительство» планируется проведение двух НИОКР. В табл. 6 приведены предложения по проведению НИОКР с целью разработки новых стандартов по АЭ.

Анализ зарубежной и отечественной нормативной базы по АЭ контролю строительных конструкций позволяет сформулировать следующие выводы.

1. Некоторые направления в стандартизации методом АЭ, которые имеются в зарубежной практике, отсутствуют в РФ. Прежде всего это применение метода АЭ для НК и диагностики конструкций из композитных материалов.

2. Отечественные стандарты носят предписывающий характер. Зарубежные стандарты во многих случаях характеризуются меньшей определенностью. В некоторых случаях при разработке национальных стандартов на базе зарубежных потребуются дополнительные исследования.

3. Рассмотрение отечественных и зарубежных стандартов позволило сформулировать дальнейшие направления развития отечественной нормативной базы по применению метода АЭ и подготовить предложения в программу национальной стандартизации на ближайшую перспективу.

Список литературы

1. Сагайдак А.И. Акустическая эмиссия. Современное состояние стандартов и руководящих принципов. Сравнительная оценка и перспективы. *Труды II Международной конференции «Инновационные технологии в методе акустической эмиссии»*. Липки. 2010. С. 1–9.
2. Сагайдак А.И. Состояние и перспективы использования метода акустической эмиссии в современном строительстве. *Взгляд в будущее. Научные труды III Всероссийской (II Международной) конференции по бетону и железобетону*. 2014. Т. 3. С. 427–438.
3. Сагайдак А.И., Терентьев Д.А., Елизаров С.В., Бардаков В.В., Иванов В.И., Медведев К.А. Отечественные и зарубежные стандарты по акустической эмиссии. Сравнительная оценка и перспективы стандартизации // *Контроль. Диагностика*. 2021. Т. 24. № 2. С. 32–58.
4. Сагайдак А.И. Стандарт на метод акустико-эмиссионного контроля бетонных и железобетонных изделий и монолитных конструкций // *Бетон и железобетон*. 2021. № 3 (605). С. 19–24.
5. Sagaidak A.I., Elizarov S.V. New possibilities of acoustic emission method for research of adhesion between concrete and steel bars of different profile. *Word Conference on Acoustic Emission*. Beijing. 2011, pp. 464–469.

4. Планируется разработать отечественные стандарты ГОСТ Р EN 13554; ГОСТ Р ASTM E2983; ГОСТ Р ASTM E 569; ГОСТ Р EN 15857; ГОСТ Р EN 13554. Область разрабатываемых стандартов охватывает следующие направления: стандарты на АЭ приборы; методики поверки датчиков АЭ; методики НК методом АЭ; диагностика строительных конструкций и полимерных материалов.

5. Необходимо провести исследования и разработать стандарты, которые включали бы количественные критерии степени опасности дефектов по результатам АЭ диагностирования строительных конструкций. Важным является разработка стандарта, позволяющего оценивать ресурс конструкции методом АЭ.

6. Ряд планируемых к разработке отечественных стандартов не имеет аналогов зарубежным стандартам. Прежде всего это проект ГОСТ Р «Бетоны. Акустико-эмиссионный метод контроля прочности бетонов» и ГОСТ Р «Бетоны. Акустико-эмиссионный метод контроля качества сцепления арматуры с бетоном».

References

1. Sagaidak A.I. Acoustic emission. The current state of standards and guidelines. Comparative assessment and prospects. *Proceedings of the II International Conference "Innovative technologies in the acoustic emission method"*. Lipki. 2010, pp. 1–9. (In Russian).
2. Sagaidak A.I. The state and prospects of using the acoustic emission method in modern construction. A look into the future. *Scientific papers of the III All-Russian (II International) Conference on Concrete and Reinforced Concrete*. 2014. Vol. 3, pp. 427–438. (In Russian).
3. Sagaidak A.I., Terentyev D.A., Elizarov S.V., Bardakov V.V., Ivanov V.I., Medvedev K.A. Domestic and foreign standards on acoustic emission. Comparative assessment and prospects of standardization. *Control. Diagnostics*. 2021. Vol. 24. No. 2, pp. 32–58. (In Russian).
4. Sagaidak A.I. Standard for the method of acoustic emission control of concrete and reinforced concrete products and monolithic structures. *Concrete and reinforced concrete*. 2021. No. 3 (605), pp. 19–24. (In Russian).
5. Sagaidak A.I., Elizarov S.V. New possibilities of acoustic emission method for research of adhesion between concrete and steel bars of different profile. *Word Conference on Acoustic Emission*. Beijing. 2011, pp. 464–469.

6. Codes, standards, practices and Guidelines related to acoustic emission (AE). *Information note. Vallen Systeme*. http://www.vallen.de/zdownload/pdf/AE_Standards_1309.pdf (Date of access 01.12.2021).
7. Brunner A.J. and Bohse J. Acoustic emission standards and guidelines 2002: a comparative assessment and perspectives // *NDT.net*. 2002. Vol. 7. No. 09. <http://www.ndt.net/article/v07n09/21/21.htm> (Date of access 20.10.2021).
8. Бруннер А. Дж., Бохс Дж. Стандарты и директивы по применению метода акустической эмиссии. 2002. Сравнительная оценка и перспективы. <http://masters.donntu.org/2010/fknt/smirnitskiy/library/translate.htm> (дата обращения 20.10.2021).
9. Grosse Christian U., Ohtsu M. Acoustic emission testing: basics for research – applications in civil engineering [pdf]. 2008. 400 p. <https://vdoc.pub/documents/acoustic-emission-testing-basics-for-research-applications-in-civil-engineering-4fm86es8ll10> (Date of access 10.09.2021).
10. Сагайдак А.И. Использование метода акустической эмиссии для контроля прочности бетона // *Бетон и железобетон*. 2000. № 4. С. 24–25.
11. Shen G., Zhang J., Wu Zh. Advances in Acoustic Emission Technology. *Proceedings of the World Conference on Acoustic Emission*. Guangzhou, China. 2019, pp. 41–53.
12. Panel Discussion. Status of AE Standards: ASTM. 62nd Acoustic Emission Working Group Virtual Meeting. 2020.
13. Mark F.C. Overview of Current and Developing ASTM Acoustic Emission (AE) Standards. *Journal of Acoustic Emission*. 2010. No. 28, pp. 229–233.
14. Spanner J.C., Sr. An Overview of Acoustic Emission Codes and Standards. *Journal of Acoustic Emission*. 1987. No. 6, pp. 121–124. <https://www.ndt.net/article/jae/papers/06-121.pdf>. (Date of access 01.09.2021).
15. Digiulio C., Herve C. New Edition of GEA Guideline for Acoustic Emission Testing of Pressure Equipments. *Proceedings of the 33rd Conference of the European Working Group on Acoustic Emission*. Senlis. France. 2018, pp. 8.
16. Tomoki Shiotani, Satoshi Osawa, Yoshikazu Kobayashi, Shohci Momoki. Application of 3D AE Tomography for Triaxial Tests of Rocky Specimens. *3d Conference of the European Working Group on Acoustic Emission (EWGAE)*, 2015.
17. Sotirios J., Vahaviolos I. Acoustic emission: standards and technology update. Includes bibliographical references. ASTM, 1999.
18. Vahaviolos I., Sotirios J. Acoustic emission testing. II Series: ASTM special technical publication. 1999.
6. Codes, standards, practices and Guidelines related to acoustic emission (AE). *Information note. Vallen Systeme*. http://www.vallen.de/zdownload/pdf/AE_Standards_1309.pdf (Date of access 01.12.2021).
7. Brunner A.J. and Bohse J. Acoustic emission standards and guidelines 2002: a comparative assessment and perspectives. *NDT.net*. 2002. Vol. 7. No. 09. <http://www.ndt.net/article/v07n09/21/21.htm> (Date of access 20.10.2021).
8. Brunner A. J., Box J. Standards and guidelines for the application of the acoustic emission method. 2002. Comparative assessment and prospects. <http://masters.donntu.org/2010/fknt/smirnitskiy/library/translate.htm> (Date of access 20.10.2021).
9. Grosse Christian U., Ohtsu M. Acoustic emission testing: basics for research – applications in civil engineering [pdf]. 2008. 400 p. <https://vdoc.pub/documents/acoustic-emission-testing-basics-for-research-applications-in-civil-engineering-4fm86es8ll10> (Date of access 10.09.2021).
10. Sagaidak A.I. Using the acoustic emission method to control the strength of concrete. *Concrete and reinforced concrete*. 2000. No. 4, pp. 24–25. (In Russian).
11. Shen G., Zhang J., Wu Zh. Advances in Acoustic Emission Technology. *Proceedings of the World Conference on Acoustic Emission*. Guangzhou, China. 2019, pp. 41–53.
12. Panel Discussion. Status of AE Standards: ASTM. 62nd Acoustic Emission Working Group Virtual Meeting. 2020.
13. Mark F.C. Overview of Current and Developing ASTM Acoustic Emission (AE) Standards. *Journal of Acoustic Emission*. No. 28. 2010, pp. 229–233.
14. Spanner J.C., Sr. An Overview of Acoustic Emission Codes and Standards. *Journal of Acoustic Emission*. 1987. No. 6, pp. 121–124. <https://www.ndt.net/article/jae/papers/06-121.pdf>. (Date of access 01.09.2021).
15. Digiulio C., Herve C. New Edition of GEA Guideline for Acoustic Emission Testing of Pressure Equipments. *Proceedings of the 33rd Conference of the European Working Group on Acoustic Emission*. Senlis. France. 2018, p. 8.
16. Tomoki Shiotani, Satoshi Osawa, Yoshikazu Kobayashi, Shohci Momoki. Application of 3D AE Tomography for Triaxial Tests of Rocky Specimens. *3d Conference of the European Working Group on Acoustic Emission (EWGAE)*. 2015.
17. Sotirios J., Vahaviolos I. Acoustic emission: standards and technology update. Includes bibliographical references. ASTM, 1999.
18. Vahaviolos I., Sotirios J. Acoustic emission testing. II Series: ASTM special technical publication. 1999.