

В.Р. ФАЛИКМАН, д-р материаловедения (vfalikman@yandex.ru), руководитель центра НТС технически сложных объектов строительства,
А.В. АНЦИБОР, специалист по качеству центра НТС технически сложных объектов (niigb7@mail.ru)
Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона им. А.А. Гвоздева
АО «НИЦ «Строительство» (109428, г. Москва, 2-я Институтская ул., 6)

Развитие методов контроля прочности бетонов и растворов в новом ГОСТ Р 70307–2022 «Бетоны мелкозернистые и растворы строительные. Методы определения прочности в тонкостенных и тонкослойных конструкциях»

Изложены особенности положений разработанного в НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство» и введенного в действие нового национального стандарта ГОСТ Р 70307–2022 «Бетоны мелкозернистые и растворы строительные. Методы определения прочности в тонкостенных и тонкослойных конструкциях». Приведены решаемые в ходе разработки задачи, возможности и область применения положений стандарта на практике. Приводятся ссылки на первоисточники использованных в стандарте методик испытаний, особенности предъявляемых требований к испытательному оборудованию, общие принципиальные аспекты введенного в действие документа, предложения перспективного совершенствования поддерживающих стандартов.

Ключевые слова: испытания, бетон, раствор, тонкослойные покрытия, тонкостенные изделия и конструкции, контроль качества, контрольные образцы из конструкций, испытания штампом.

Для цитирования: Фаликман В.Р., Анцибор А.В. Развитие методов контроля прочности бетонов и растворов в новом ГОСТ Р 70307–2022 «Бетоны мелкозернистые и растворы строительные. Методы определения прочности в тонкостенных и тонкослойных конструкциях» // *Бетон и железобетон*. 2022. № 6 (614). С. 3–7. DOI: <https://doi.org/10.31659/0005-9889-2022-614-6-3-7>

V.R. FALIKMAN, Doctor of materials science, Head of the NTS Center for Technically Complex Construction Projects (vfalikman@yandex.ru),
A.V. ANTSIBOR, Engineer, quality specialist of the NTS center for technically complex objects (niigb7@mail.ru)
Research, Design and Technological Institute of Concrete and Reinforced Concrete – NIIZhB named after A.A. Gvozdev
JSC «Research Center «Construction» (6, bul. 5, 2-nd Institutskaya Street, Moscow, 109428, Russian Federation)

Development of Methods for Strength Control of Concretes and Mortars in the New GOST R 70307–2022 «Fine-Grained Concretes and Mortars for Construction. Methods for Determination of Strength in Thin-Walled and Thin-Walled Structures»

The article describes the peculiarities of the provisions of the new national standard GOST R 70307–2022 “Fine-grained concretes and mortars for construction. Methods for determination of strength in thin-walled and thin-layer structures”, developed in the Scientific Research Institute for Concrete and Reinforced Concrete (NIIZhB) named after A.A. Gvozdev – subdivision of JSC “SRC “CONSTRUCTION”. The tasks solved during standard’s development, opportunities and scope of application of the standard in practice are outlined. References to the primary sources of the test procedures used in the standard, peculiarities of the requirements to the test equipment, general principle aspects of the document put into effect, and proposals for prospective improvement of the supporting standards are given.

Keywords: tests, concrete, mortar, thin-layer coatings, thin-walled products and structures, quality control, test specimens from structures, stamping tests.

For citation: Falikman V.R., Antsibor A.V. Development of methods for strength control of concretes and mortars in the new GOST R 70307–2022 «Fine-grained concretes and mortars for construction. Methods for determination of strength in thin-walled and thin-walled structures». *Beton i Zhelezobeton [Concrete and Reinforced Concrete]*. 2022. No. 6 (614), pp. 3–7. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0005-9889-2022-614-6-3-7>

В 2022 г. введен в действие новый стандарт ГОСТ Р 70307–2022 на методы определения прочности мелкозернистых бетонов и строительных растворов в тонкостенных и тонкослойных элементах конструкций. Разработка этого документа выполнялась в 2020–2021 гг., а экспериментальная база, положенная в основу стандарта, накапливалась

на протяжении 15 лет. Обширный блок предварительных экспериментальных работ, а также предшествующая стандарту научно-исследовательская работа реализовывались при непосредственном активном участии одного из ведущих специалистов по стандартизации в области бетоноведения, ведущим научным сотрудником НИИЖБ им. А.А. Гвоздева

канд. техн. наук Марком Израилевичем Бруссером (1932–2020 гг.).

ГОСТ Р 70307–2022 «Бетоны мелкозернистые и растворы строительные. Методы определения прочности в тонкостенных и тонкослойных конструкциях», разработанный с учетом требований Федерального закона от 30.12.2009 № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», распространяется на мелкозернистые бетоны по ГОСТ 26633, строительные растворы по ГОСТ 28013 и сухие смеси на цементном вяжущем по ГОСТ 31357 и ставит своей целью развитие нормативной технической базы в области строительного контроля. При соответствующем экспериментальном обосновании методика стандарта может быть применима и для тяжелых бетонов. В стандарте установлены методы определения прочности в тонкослойных и тонкостенных элементах сборных и монолитных бетонных и железобетонных изделий и конструкций на сжатие, осевое растяжение, растяжение при раскалывании и изгибе при разрушающих кратковременных статических испытаниях образцов, изготовленных из выбуренных, вырубленных или выпиленных из конструкций проб материала, правила отбора и подготовки проб, а также неразрушающими методами контроля при условии экспериментального установления переходных коэффициентов (для косвенных разрушающих методов испытаний) и градуировочных зависимостей (для косвенных разрушающих и неразрушающих методов). Для методов испытания образцов-пластин методом штампа (штампов) приведены усредненные универсальные коэффициенты, которые можно применять при соблюдении требований к методике испытания.

Разработка стандарта выполнялась для решения следующих задач:

- внедрение в практику строительного контроля методик определения качества мелкозернистых бетонов и строительных растворов, где проверка качества материалов возведенных конструкций существующими методами ограничена или невозможна;
- внедрение в практику инновационных методик испытаний, направленных на диагностику и контроль качества строительных конструкций с меньшими материальными и трудовыми ресурсами.

В практике строительного контроля в части производства тонкостенных и тонкослойных элементов конструкций из мелкозернистых бетонов и строительных растворов (стяжки пола, растворные швы каменных конструкций, монтажные стыки панелей сборного домостроения, тонкослойные ремонтные покрытия и участки монолитных конструкций и т. п.), а также конструкций, где проектом предусмотрена высокая степень армирования, возникают

ситуации, когда традиционные методики контроля не позволяют осуществить контроль качества материала в конструкции. Такое ограничение вынуждает переходить на альтернативные методики диагностики, что сопряжено, как правило, с переходом на испытания образцов меньших размеров, а это, в свою очередь, требует уточнения и внимательного учета влияния масштабного фактора на получаемый результат.

Недостатки используемых ранее методических подходов к определению и оценке прочности примененных материалов в отдельных видах строительных конструкций провоцировали субъективную и волею адаптацию и трактовку существующих методик испытания под нестандартные условия их применения, что приводило к неоднозначным спорным решениям о приемке или отбраковке возводимых конструкций. Получаемые результаты нередко становились причиной арбитражных споров, претензий и штрафных санкций к производителям работ со стороны технических надзорных служб заказчика и инспекционных органов.

Положения разработанного стандарта значительно расширили возможности методических подходов к проведению контроля качества строительных материалов и должны позволить контролировать и обеспечивать на требуемом проектном уровне качество возводимых конструкций, а также снижение дополнительных расходов при сокращении межремонтных сроков в период их эксплуатации.

В стандарте впервые представлены новые методики испытаний малогабаритных образцов бетона и раствора, отобранных из конструкций, основанные на переходах между разрушающими испытаниями образцов при разных напряженных состояниях «растяжение при раскалывании – прочность при сжатии», разработаны правила и требования при выполнении испытаний, правила обработки результатов и коэффициенты перехода к нормируемым показателям качества бетонов и растворов.

Несмотря на кажущуюся новизну предложенных методов для бетонов и растворов, применение подобных схем испытаний известно сравнительно давно. С 70–80-х гг. прошлого столетия близкий метод успешно применяется для определения свойств горных пород (серия стандартов ГОСТ 21153), а методика испытания штампом в довольно общем виде неоднократно приводилась в разработанных примерно в тот же период нормативных и ведомственных документах разного уровня, например в СН 290-74 «Инструкция по приготовлению и применению строительных растворов» [1].

Одним из главных преимуществ предложенного метода испытаний на растяжение при раскалыва-



Рис. 1. Пример испытанного образца на растяжение при раскалывании по предлагаемой схеме двухточечного приложения нагрузки
Fig. 1. Example of a split tensile test specimen using the proposed two-point load application scheme

нии поперек образующей цилиндра является практически полное отсутствие механической обработки образца на этапе подготовки к испытаниям, минимальные требования к длине фрагментов пробы при отборе из конструкции, и как следствие, минимизация влияния человеческого фактора на результат испытания, что крайне характерно для традиционных испытаний [2]. При использовании одной цилиндрической пробы диаметром около 25 мм и длиной около 200 мм можно получить до 27 единичных результатов определения, при этом имея возможность сопоставления полученных результатов к глубине сечения отобранной пробы (и сечению конструкции соответственно).

Стоит отметить, что сам подход к реализации способа нагружения до раскалывания цилиндрических образцов по предложенной схеме имеет свою специфику и проявляет эффективность на образцах малых размеров (интервал от 17 до 30 мм), это объясняется тем, что энергия разрушения передается через точечные контактные зоны испытательной оснастки и контрольного образца (двухточечные (рис. 2) и трехточечные (рис. 3) контакты), а площадь рабочего сечения образца увеличивается пропорционально квадрату диаметра цилиндра. Это вызывает нелинейное увеличение точечных напряжений в месте передачи разрушающих усилий, что может приводить к нарастанию смятия материала образца в местах передачи усилия и являться источником искажения создаваемой схемы напряженного состояния, что наверняка приведет к нарастанию погрешности получаемых результатов.

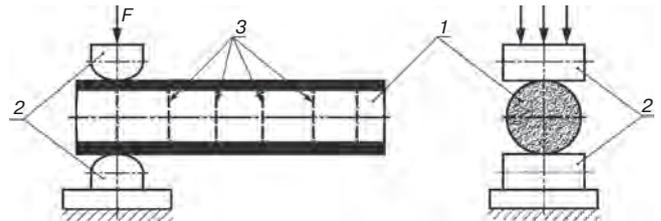


Рис. 2. Двухточечная схема приложения нагрузки
Fig. 2. Two-point load application scheme

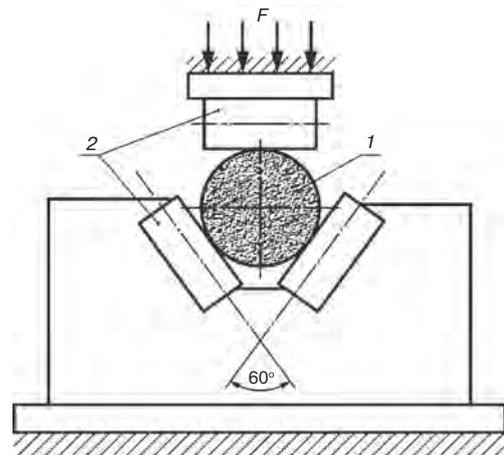


Рис. 3. Трехточечная схема приложения нагрузки: 1 – образец-цилиндр; 2 – колющие прокладки с цилиндрической рабочей поверхностью; 3 – места приложения раскалывающей нагрузки на образец-цилиндр
Fig. 3. Three-point load application scheme: 1 – cylindrical specimen; 2 – stabbing spacers with a cylindrical working surface; 3 – locations where the splitting load is applied to the cylindrical specimen

Таким образом, становится очевидным, что применение трехточечной схемы нагружения является более предпочтительной, но ее реализация технически несколько сложнее в отличие от сравнительно более простой двухточечной схемы нагружения. В то же время плоскость раскалывания цилиндра при двухточечной схеме нагружения имеет степень свободы в отклонении от перпендикулярности к продольной оси образца, что будет повышать влияние естественных дефектов структуры бетона в зоне создаваемых напряжений в месте испытания и может стать дополнительным источником неоднородности результатов в серии испытаний, создавать необходимость увеличивать их количество в каждой серии.

Кроме того, шаг приложения нагрузки вдоль образующей цилиндра соотносится с диаметром испытываемого образца, что с увеличением диаметра будет сокращать возможное количество получаемых единичных испытаний на единицу длины отобранного образца и в конечном итоге сделает подобные испытания нецелесообразными, так как появится возможность перейти на прямые испытания образцов цилиндров с приложением разрушающей нагрузки на осевое сжатие, тем самым снижая

неопределенность результата за счет исключения переходного фактора между разными видами прочности материала.

Предложенные в стандарте способы испытаний также включают в себя нагружение до разрушения образцов-пластин с односторонним и двухсторонним приложением нагрузки через штамп (штампы) круглого или квадратного сечения, соразмерного с толщиной образца-пластины. Номинальный размер штампов (диаметр или минимальный размер основания рабочего сечения штампа) принимают из ряда: 8; 10; 12; 15; 20; 25 мм. Согласно требованиям стандарта для каждого типоразмера штампа предусмотрен диапазон толщин образцов-пластин (соотношение минимального поперечного размера рабочего сечения штампа и толщины образца-пластины от 0,9 до 1,1). Предусмотрена возможность отступать от указанного параметрического ряда, если для иного типоразмера штампа и/или образца будут установлены экспериментальные переходные коэффициенты или зависимости для конкретного цикла испытаний.

Схемы нагружения образца предполагают использование маломощного испытательного оборудования, что, с одной стороны позволяет обходиться сравнительно низким по материалоемкости (и, как правило, стоимости) силовым оборудованием, а с другой – требует увеличения числа самих испытательных машин, поскольку с уменьшением значения максимального усилия оборудования сокращается и сам диапазон развиваемых усилий конкретного оборудования при изменении уровня ожидаемой прочности самого образца. Учитывая этот факт, требования к допустимому диапазону прилагаемого усилия от общего номинального уровня для каждой силовой установки расширены с традиционно устанавливаемого интервала 20–80% до 10–90%.

В то же время сформулированы дополнительные требования к шарнирам опорных плит пресса, которые не имеют четкого отражения в ГОСТ 10180–2012, но иногда не соблюдаются в представленных на рынке испытательных установках. Стоит отметить, что данному фактору в зарубежных нормах (American Standard ASTM C39 [3], European Standard EN 12390–3 [4], Brazilian Standard NBR ABNT 5739 [5], Chinese Standard GB/T 50081 [6] и Australian Standard AS 1012.14 [7]) уделено большее внимание.

При всей кажущейся простоте предложенных схем испытаний их реализация сопряжена с повышенными требованиями к метрологическим аспектам, так как размеры образцов заметно уменьшены относительно традиционно применяемых в испытательных лабораториях. Стремление к высоким стандартам ис-

пытательной практики является залогом получения стабильных и достоверных результатов для любой материаловедческой лаборатории.

Использование разрушающих методов по отобранному контрольным образцам в тонкостенных и тонкослойных элементах конструкций сделало возможным установление привязанных к фактическим свойствам материала в конструкциях градуировочных зависимостей для ряда неразрушающих методов диагностики, основанных на разных физических принципах. Одновременно появляется возможность без заметного повышения себестоимости контроля увеличивать объемы контролируемых участков в конструкциях, сокращать трудоемкость и время диагностики, обеспечивая достоверность выводов о техническом состоянии материала и конструкции в целом. Для отдельных случаев (особые методы нанесения и уплотнения бетона и раствора, условия твердения, различие свойств бетона в разных зонах сечения конструкций и изделий и др.) применение методов испытаний в образцах малых размеров представляет значительный интерес или, выражаясь иначе, является в ряде случаев практически единственным возможным способом контроля и оценки прочностных свойств при приемосдаточном контроле или технических обследованиях.

Примечательным в стандарте также является группировка, а по сути – ранжирование разных методов определения прочности и порядок установления их взаимной корреляционной взаимосвязи.

Предусмотрена следующая градация:

- базового уровня – А1;
- косвенного разрушающего уровня – А2;
- косвенного неразрушающего уровня – Б.

К методам испытаний групп А1 относят определение прочности материалов в образцах базового размера и формы либо приравненных к ним через масштабные и переходные коэффициенты по ГОСТ 10180–2012 (за исключением испытания образцов с коэффициентами, установленными по приложению Л), ГОСТ 31914, ГОСТ 28570–2019 (за исключением испытания образцов с коэффициентами, установленными по приложению А), ГОСТ 5802–86 (за исключением испытания по приложению 1)

К методам испытаний группы А2 относят определение прочности материалов в образцах небазового размера, формы и/или схемы испытаний, для которых установлены переходные коэффициенты или зависимости к методам испытаний группы А1 в соответствии с ГОСТ 28570–2019 (приложение А)

К методам испытаний группы Б относят испытания, для которых установлены градуировочные зависимости в соответствии с ГОСТ 22690 или

ГОСТ 17624 через параллельные испытания материала методом группы А1 или А2.

При расчете и оценке класса бетона учитывается вклад неопределенности разных методов в полученный результат фактического класса ($B_{ф}$). Для группы методов А2 это реализуется в виде дополнительно учитываемого показателя S_{Σ} .

Изложенный в стандарте подход является пилотной попыткой ранжирования применяемых методик испытаний и взаимного статуса полученных результатов, в частности при арбитражных спорах с привлечением двух и более испытательных лабораторий. Вместе с тем схожее (порой негласное) ранжирование методик по приоритету полученных результатов испытания бетона уже давно реализуется в практике строительного контроля [8, 9].

По мнению авторов, примененный подход с учетом показателя неопределенности полученного результата при переходе между прочностями при разных схемах напряженного состояния следует применять в приложении Л ГОСТ 10180–2012 при использовании коэффициентов по табл. Л.1.

Стандарт имеет взаимосвязь с основными действующими нормативными документами на методы контроля и оценки прочности бетона и раствора, методы испытаний (ГОСТ 18105, ГОСТ 10180, ГОСТ 28570, ГОСТ 31914, ГОСТ 5802, ГОСТ 31357). Он может использоваться при пересмотре ряда СП, ГОСТ, ГОСТ Р, связанных с выполнением бетонных работ в транспортном строительстве, изоляционных и отделочных покрытиях, полах, каменных и армокаменных конструкциях и других узкопрофильных областях применения бетонов и строительных растворов.

Проведение контроля и оценки качества бетонов и строительных растворов в конструкциях по новому стандарту в тех областях строительства, где контроль ранее традиционно осуществлялся только по формованным контрольным образцам, позволяет обеспечивать эксплуатационную надежность и долговечность возводимых конструкций, заложенную проектом, решать нестандартные задачи диагностики при выполнении технических обследований эксплуатируемых бетонных и железобетонных конструкций, а также дает возможность новых подходов при материаловедческих научных исследованиях свойств разрабатываемых строительных материалов.

Накапливаемый опыт практического применения стандарта, а также анализ обратной связи от непосредственных пользователей при реализации предложенных методов испытаний для широкого спектра условий строительства позволит совершенствовать и

дополнять его положения на пути эволюционного развития с учетом развития отрасли строительных материалов, как подобное происходит по подавляющему большинству нормативных документов строительной сферы.

Авторы выражают надежду на конструктивные и обоснованные замечания и предложения от непосредственных пользователей по конкретным положениям стандарта. Со своей стороны, разработчиками формируются планы по проведению просветительской работы с целью разъяснения представленных положений и методов в рамках тематических семинаров и программ повышения квалификации для заинтересованных специалистов строительных лабораторий.

Список литературы / References

1. СН 290-74 «Инструкция по приготовлению и применению строительных растворов». М.: Стройиздат, 1975. 74 с.
1. SN 290-74 «Instructions for the preparation and use of mortars». М.: Stroyizdat. 1975. 74 p. (In Russian).
2. Cangussu N., Costa I., Júnior Á., Silveira M., Aslani F. Influence of the preparation of the cylindrical specimen surface and approach analysis on the test value of compressive strength. *Structural Concrete*. 2022. DOI:10.1002/suco.202100761.
3. ASTM C 39/C 39M. Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens, 2009.
4. EN 12390-3. Testing hardened concrete – Part 3: Compressive strength of test specimens. 2019.
5. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), NBR 5739 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. 2018.
6. GB/T 50081. Test method of mechanical properties on ordinary concrete. China, 2019.
7. AS 1012.14. Methods of testing concrete – Method for securing and testing cores from hardened concrete for compressive strength. Australia, 2018.
8. Five methods for on-site evaluation of concrete strength. FPrimeC Solutions. January 9, 2020.
9. Руководство по определению и оценке прочности бетона в конструкциях зданий и сооружений. М.: Стройиздат, 1979. 32 с.
9. Guidelines for determining and evaluating the strength of concrete in the structures of buildings and structures. Moscow: Stroyizdat. 1979. 32 p.