ИНФРАСТРУКТУРА И ТРАНСПОРТ

СТРОИТЕЛЬСТВО, АРХИТЕКТУРА И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Статья поступила в редакцию: 27.09.2026
Статья принята к публикации: 12.10.2026
Статья опубликована: 28.10.2026

УДК 691.542.

Методы исследования и испытания сухих напольных покрытий на цементной основе

Айтмуратов Аманбай Туўелбай улы
преподаватель
Каракалпакский государственный университет имени Бердаха
Республика Узбекистан, г. Нукус
E-mail: aytmuratovamanbay26@gmail.com

Асаматдинов Марат Оринбоевич
д-р философии (PhD), доц.
Каракалпакский государственный университет имени Бердаха
Республика Узбекистан, г. Нукус
E-mail: maratasamatdinov@gmail.com

Research and test methods for cement-based dry floor coverings

Aytmuratov Amanbay Tuwelbay ulı
teacher
Berdakh Karakalpak State University
Uzbekistan, Nukus

Asamatdinov Marat Orinbaevich
doctor of Philosophy (PhD)
Berdakh Karakalpak State University
Uzbekistan, Nukuscity

Аннотация

Сухие строительные смеси для устройства напольных покрытий на цементной основе широко применяются при строительстве и реконструкции зданий различного назначения благодаря высоким эксплуатационным характеристикам, технологичности и пригодности к механизированному нанесению. Современные требования к качеству полов предусматривают

Библиографическое описание: Айтмуратов А.Т. улы, Асаматдинов М.О. Методы исследования и испытания сухих напольных покрытий на цементной основе // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2026. 10(151). URL: https://7universum.com/ru/tech/archive/item/23546

высокую прочность, износостойкость, адгезию к основанию, трещиностойкость, стабильность размеров и долговечность в условиях эксплуатации. Для оценки соответствия материалов нормативным требованиям применяется комплексный подход, включающий определение физико-механических, технологических, эксплуатационных и микроструктурных характеристик. В статье рассматриваются современные методы испытаний сухих цементных напольных смесей в соответствии с требованиями ГОСТ, европейских стандартов EN и международных методик ASTM. Приведены методы определения подвижности растворных смесей, прочности при сжатии и изгибе, адгезии к основанию, водопоглощения, истираемости, усадочных деформаций, морозостойкости и долговечности. Особое внимание уделено современным инструментальным методам исследования структуры затвердевшего цементного камня, включая рентгенофазовый анализ, электронную микроскопию, термический анализ и определение пористой структуры материалов. Также представлен анализ преимуществ и ограничений каждого метода испытаний при разработке новых рецептур сухих строительных смесей. Выполнена систематизация действующих стандартов и приведено сопоставление методов испытаний по ГОСТ, EN и ASTM с использованием табличных форм.

Abstract

Cement-based dry building mixes for flooring installations are widely used in the construction and reconstruction of various types of buildings due to their high performance characteristics, workability, and suitability for mechanized application. Modern floor quality requirements stipulate high strength, wear resistance, adhesion to the substrate, crack resistance, dimensional stability, and durability in service. To assess the compliance of materials with regulatory requirements, comprehensive testing methods are employed, involving the determination of their physico-mechanical, application, performance, and microstructural characteristics. The article examines modern methods for testing dry cement-based flooring mixtures in accordance with GOST requirements, European EN standards, and international ASTM methodologies. Methods for determining the flowability of mortar mixtures, compressive and flexural strength, adhesion to the substrate, water absorption, abrasion resistance, shrinkage deformation, frost resistance, and durability are presented. Particular attention is paid to modern instrumental methods for studying the structure of hardened cement paste, including X-ray phase analysis, electron microscopy, thermal analysis, and the determination of the porous structure of materials. An analysis of the advantages and limitations of each test method during the development of new dry building mix formulations is also provided.

Ключевые слова: сухие строительные смеси, цементные напольные покрытия, методы испытаний, прочность при сжатии, прочность при изгибе, адгезия, водопоглощение, истираемость, микроструктура, долговечность.

Keywords: dry building mixes, cement floor coverings, test methods, compressive strength, flexural strength, adhesion, water absorption, abrasion resistance, microstructure, durability.

Введение

Сухие строительные смеси на цементной основе являются одним из наиболее востребованных материалов современного строительства. Они применяются при устройстве стяжек, самовыравнивающихся полов, ремонтных составов и высокопрочных промышленных покрытий. Благодаря высокой заводской готовности обеспечиваются стабильность состава, снижение трудоемкости работ и повышение качества готовых покрытий [23; с. 54–62].

Современные цементные напольные покрытия должны обладать комплексом эксплуатационных характеристик, обеспечивающих длительный срок службы в условиях механических нагрузок, воздействия влаги, перепадов температур и химически агрессивных сред. Наиболее значимыми показателями являются прочность при сжатии и изгибе, адгезионная прочность, стойкость к истиранию, трещиностойкость, водонепроницаемость и стабильность линейных размеров [26; с. 17–28].

Разработка новых составов сухих смесей невозможна без применения современных методов исследования. Комплекс испытаний позволяет установить взаимосвязь между составом материала, особенностями формирования микроструктуры цементного камня и эксплуатационными свойствами покрытия. Помимо традиционных механических испытаний все большее распространение получают инструментальные методы анализа, позволяющие изучать фазовый состав продуктов гидратации, морфологию новообразований и распределение пор различных размеров [28; с. 21–27; 25; с. 68–72].

Целью является систематизация современных методов исследования и испытаний сухих напольных покрытий на цементной основе, анализ их информативности и области применения при разработке новых строительных материалов.

Современные требования к сухим напольным покрытиям на цементной основе

Сухие напольные смеси представляют собой многокомпонентные композиционные материалы, включающие портландцемент или композиционные цементы, минеральные заполнители различной крупности, тонкодисперсные минеральные наполнители, редиспергируемые полимерные порошки, эфиры целлюлозы, пластифицирующие, стабилизирующие и другие функциональные добавки.

В зависимости от назначения различают смеси для устройства традиционных стяжек, самонивелирующихся полов, быстротвердеющих покрытий, высокопрочных промышленных полов, ремонтных составов и специальных полов с повышенной химической стойкостью [1; с. 8–9; 2; с. 9].

Для каждого типа материала нормативными документами устанавливаются требования к прочности, удобоукладываемости, времени схватывания, адгезии, усадке и долговечности.

Особое значение имеет прочность при сжатии, которая определяет способность покрытия воспринимать эксплуатационные нагрузки. Для жилых и общественных зданий широко применяются материалы классов прочности по СТБ EN 206 С20–С30, тогда как для промышленных полов используются смеси классов С40–С60 и выше. Не менее важной характеристикой является прочность при изгибе, оказывающая существенное влияние на трещиностойкость и сопротивление динамическим нагрузкам.

Материалы и методы

1. Системы стандартизации, регламентирующие методы испытаний сухих напольных покрытий

Оценка качества сухих напольных покрытий на цементной основе осуществляется в рамках нескольких систем стандартизации, каждая из которых имеет свои особенности построения и область применения.

ГОСТ (межгосударственная система стандартизации). Основополагающими документами являются ГОСТ 31357–2007 «Смеси сухие строительные на цементном вяжущем. Общие технические условия» [5] и ГОСТ 31358–2019 «Смеси сухие строительные напольные на цементном вяжущем. Методы испытаний» [6]. Методы испытаний строительных растворов общего назначения регламентируются ГОСТ 5802–86 [7]. Определение прочности сцепления с основанием проводится по ГОСТ 31356–2007 «Смеси сухие строительные на цементном вяжущем. Методы испытаний» [8]. Система ГОСТ характеризуется детальной регламентацией процедур подготовки образцов и условий твердения.

EN (европейская система стандартизации). Базовым стандартом на напольные материалы является EN 13813:2002 «Screed material and floor screeds — Screed material — Properties and requirements», устанавливающий перечень характеристик и классов для материалов стяжек [14]. Методы испытаний регламентируются серией стандартов EN 13892 «Methods of test for screed materials», включающей определение прочности при сжатии и изгибе (EN 13892-2) [15], истираемости по Бёме (EN 13892-3) [16], поверхностной твердости (EN 13892-6) [17], адгезионной прочности (EN 13892-8) [18], а также стабильности размеров (EN 13892-9) [19]. Стандарты EN основаны на принципах консенсуса, открытости и обязательного принятия в качестве национальных стандартов стран-членов CEN.

ASTM (американская система стандартизации). Применительно к сухим напольным смесям на цементной основе действует ASTM C1708/C1708M «Standard Test Methods for Self-leveling Mortars Containing Hydraulic Cements» [9]. Определение прочности при сжатии проводится по ASTM C109/C109M (образцы-кубы 50 мм) [10], прочности при изгибе — по ASTM C348 (образцы-балочки) [11]. Водопоглощение определяется по ASTM C1585 [12], истираемость — по ASTM C779/C779M [13].

ISO (международная система стандартизации). Ряд стандартов ISO, в частности ISO 679 «Cement — Test methods — Determination of strength», частично гармонизирован с EN 196 – 1. В области испытаний строительных растворов ISO 679 устанавливает метод определения прочности цемента на образцах-балочках 40×40×160 мм [24].

2. Перечень свойств, подлежащих оценке, и соответствующие методы испытаний

На основе анализа стандартов общих технических условий на смеси (ГОСТ 31357, EN 13813, ASTM C1708) сформирован перечень основных показателей, подлежащих оценке, и установлены соответствующие методы испытаний по трем системам стандартизации.

Таблица 1. Перечень оцениваемых свойств и соответствующие методы испытаний по ГОСТ, EN и ASTM

№	Оцениваемое свойство	ГОСТ	EN	ASTM
1	Подвижность (растекаемость) растворной смеси	ГОСТ 5802–86	EN 13892-1	ASTM C1437
2	Прочность при сжатии	ГОСТ 31358–2019, ГОСТ 5802–86	EN 13892-2	ASTM C109/ C109M
3	Прочность при изгибе	ГОСТ 31358–2019, ГОСТ 5802–86	EN 13892-2	ASTM C348
4	Адгезионная прочность (сцепление с основанием)	ГОСТ 31356–2007	EN 13892-8	ASTM C1583
5	Капиллярное водопоглощение	ГОСТ 12730.3–2020	EN 1015-18	ASTM C1585
6	Истираемость	ГОСТ 13087–81	EN 13892-3 (Böhme), EN 13892-4 (BCA)	ASTM C779/ C779M
7	Усадочные деформации / стабильность размеров	ГОСТ 24544–81	EN 13892-9	ASTM C157
8	Морозостойкость контактной зоны	ГОСТ 31356–2007 (разд. 8)	EN 13892-1	ASTM C666/ C666M
9	Поверхностная твердость	—	EN 13892-6	ASTM C805
10	Модуль упругости при сжатии	ГОСТ 24452–80	EN 13892-2	ASTM C469/ C469M

3. Критерии сопоставления методов испытаний

Для систематизированного сопоставления методов испытаний по различным системам стандартизации приняты следующие критерии:

1. Применяемое оборудование — тип и характеристики испытательных установок (прессы, смесители, приборы для отрыва, истирающие круги и др.).

2. Точность и достоверность результатов — воспроизводимость, повторяемость, статистическая обработка.

3. Стоимость оборудования и трудоемкость испытаний — доступность оборудования, продолжительность подготовки и проведения испытаний.

4. Сопоставимость результатов — возможность прямого сравнения данных, полученных по разным системам стандартов.

5. Специфичность для напольных покрытий — учет особенностей самонивелирующихся смесей и тонкослойных покрытий.

6. Адгезионная прочность к бетонному основанию определяет надежность совместной работы покрытия с основанием. Недостаточная адгезия приводит к образованию пустот, отслаиванию и преждевременному разрушению пола. Для повышения сцепления широко применяются полимерные модификаторы, микрокремнезем, тонкомолотые минеральные добавки и специальные грунтовочные составы. По ГОСТ 31356-2007 «Сухие смеси строительные на цементном вяжущем. Методы испытании» для испытания приготовили образец бетонной плиты с размерами не менее 300х150х40 мм с шероховатой поверхностью

А3 по ГОСТ 13015-2012. Отрыв от основания проводили специальным прибором для определения прочности на адгезию ПСО – МГ4, которое показано на рисунке 1 [3; с. 6; 4; с. 9].

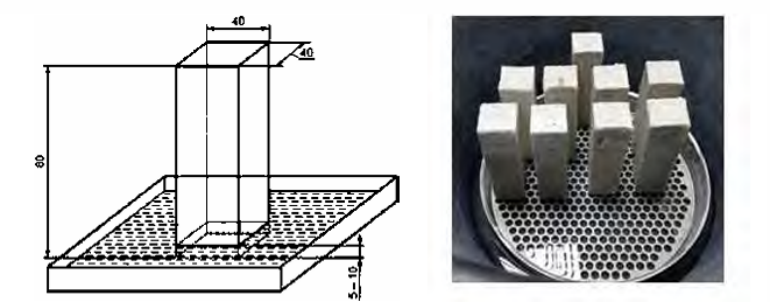


Рисунок 1. Испытательные плиты и прибор ПСО–МГ4 для определения прочности на адгезию

Результаты и обсуждение

Определение подвижности и растекаемости растворной смеси. Подвижность растворной смеси характеризует ее способность равномерно распределяться по поверхности основания без расслоения и образования пустот. Для традиционных стяжек определяют подвижность по расплыву или осадке стандартного конуса, а для самонивелирующихся составов основным показателем является диаметр растекания смеси.

Испытания проводят при температуре (20 ± 2) °C и относительной влажности воздуха не менее 50 %. После приготовления смеси в соответствии с рекомендациями производителя определяют диаметр растекания в двух взаимно перпендикулярных направлениях, после чего вычисляют среднее значение. Для самовыравнивающихся смесей оптимальная величина расплыва обычно составляет 220–300 мм, что обеспечивает хорошую текучесть без расслоения материала.

Таблица 2. Сопоставление методов определения подвижности растворной смеси

Параметр	ГОСТ 5802–86	EN 13892-1	ASTM C1437
Оборудование	Конус стандартный, вискозиметр	Конус растекания, стол встряхивания	Flow table, конус
Условия проведения	(20±2)°C, влажность ≥50%	(20±5)°C	(23±2)°C, влажность ≥50%
Измеряемая величина	Осадка конуса, мм	Диаметр расплыва, мм	Расплыв после 25 ударов, %
Точность	±1 мм	±1 мм	±1%
Применимость к самонивелирующимся смесям	Ограниченная	Основной метод	Ограниченная

Определение прочности при сжатии. Прочность при сжатии является одним из важнейших показателей качества цементных напольных покрытий. После испытания образцов на изгиб обе половинки балочек подвергают сжатию на гидравлическом прессе.

Испытания проводят, как правило, через 1, 3, 7 и 28 суток, что позволяет оценить кинетику набора прочности. Современные самовыравнивающиеся смеси способны достигать прочности 20–30 МПа уже через сутки твердения, а через 28 суток значения могут превышать 50–60 МПа.

Рост прочности обусловлен процессами гидратации цемента, образованием гидросиликатов кальция (C–S–H), снижением пористости и формированием плотной структуры цементного камня [30; 29].

Определение прочности сцепления с основанием. Адгезионная прочность является одним из основных эксплуатационных показателей напольных покрытий. Испытания выполняют методом отрыва металлического штампа, приклеенного к поверхности покрытия высокопрочным эпоксидным клеем.

По ГОСТ 31356–2007 для испытания изготавливают образец бетонной плиты с размерами не менее 300×150×40 мм с шероховатой поверхностью А3 по ГОСТ 13015–2012. Отрыв от основания проводят специальным прибором для определения прочности на адгезию ПСО–МГ4 (рисунок 1). Скорость нагружения при испытании должна быть (250 ± 50) Н/с [8].

Определение капиллярного водопоглощения. Капиллярное водопоглощение характеризует способность материала поглощать воду за счет капиллярных сил. Этот показатель особенно важен при эксплуатации полов в помещениях с повышенной влажностью, а также при периодическом увлажнении покрытия.

Образцы-балочки размером 40×40×160 мм изготавливались из растворной смеси с подвижностью Пк3 и хранились при температуре (20 ± 2) °С.

Капиллярное водопоглощение Wk определяли по формуле:

$$W_k = K(m_1 - m_2); \quad (1)$$

Испытание заключается в контакте нижней поверхности образца с водой при строго контролируемой глубине погружения. Через заданные интервалы времени фиксируют прирост массы, после чего рассчитывают коэффициент капиллярного водопоглощения.

Снижение данного показателя свидетельствует об уменьшении количества открытых капилляров и формировании более плотной структуры цементного камня. Наиболее эффективно уменьшению капиллярного подсоса способствуют кремнийорганические гидрофобизаторы, латексные добавки и активные минеральные компоненты [21].

Таблица 3. Сопоставление методов определения капиллярного водопоглощения

Параметр	ГОСТ 12730.3–2020	EN 1015-18	ASTM C1585
Форма и размер образца	Балочка 40×40×160 мм	Образец 40×40×160 мм	Цилиндр Ø100 мм, h=50 мм
Условия кондиционирования	Высушивание до постоянной массы	(20±2)°C, влажность 65±5%	(23±2)°C, влажность 50±5%
Продолжительность	До насыщения	До 24 ч	До 8 суток
Измеряемая величина	Коэффициент водопоглощения	Коэффициент капиллярного водопоглощения	Скорость поглощения (сорбтивность)
Точность	±0,1%	±0,01 кг/(м²·мин$^{0.5}$)	±0,001 мм/с$^{0.5}$

Рентгенофазовый анализ (XRD). Рентгенофазовый анализ является одним из наиболее распространенных методов исследования цементных композитов. Метод основан на дифракции рентгеновского излучения кристаллическими фазами материала. С помощью XRD определяют содержание портландита, эттрингита, кварца, кальцита, непрореагировавших минералов клинкера и других продуктов гидратации цемента. Изменение интенсивности дифракционных максимумов позволяет оценить степень гидратации цемента и влияние активных минеральных добавок на формирование структуры цементного камня [27].

Для исследования фазового состава штукатурных смесей применяли рентгенофазовый анализ. Съемку рентгенограмм производили на аппарате ДРОН-3 (рис. 2). Параметры съемки: начальный угол – 5,00°; конечный угол – 70,00°; шаг – 0,01°.

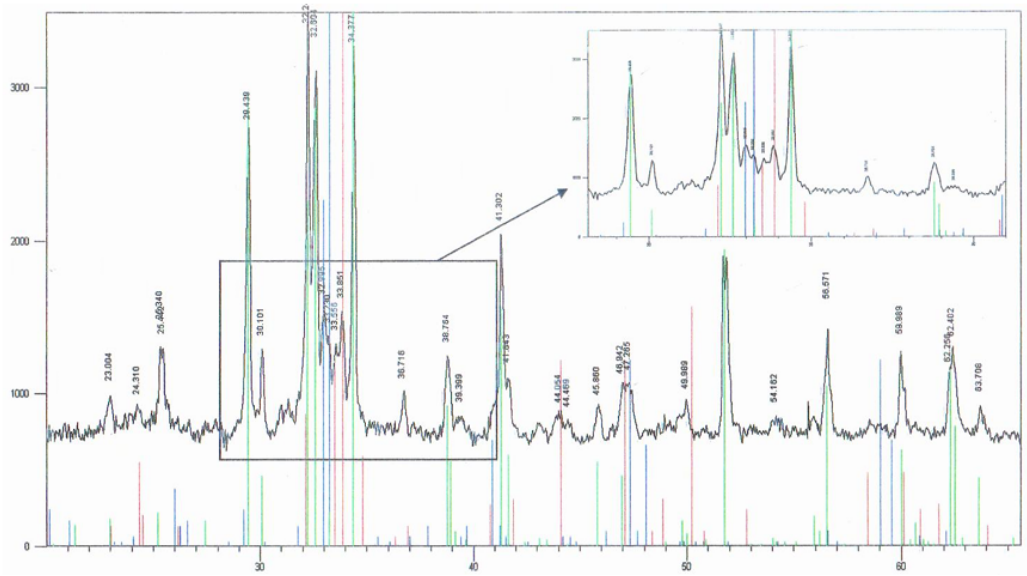


Рисунок 2. Дифрактограмма портландцемента

По данным РФА также определяли размер кристаллитов минералов. Размер кристаллитов может быть оценен по величине физического уширения пика, соответствующего данному соединению на дифрактограмме. Особенно информативен данный метод при исследовании составов, содержащих микрокремнезем, метакаолин, доменный гранулированный шлак и золу-уноса.

Сканирующая электронная микроскопия (SEM). Сканирующая электронная микроскопия позволяет исследовать микроструктуру материала с увеличением до нескольких десятков тысяч раз.

Метод применяется для изучения: морфологии гидросиликатов кальция (C-S-H), кристаллов портландита, эттрингита, контактной зоны между заполнителем и цементным камнем, микротрещин и распределения пор [20].

Полученные изображения позволяют установить взаимосвязь между структурой материала и его прочностными характеристиками. SEM особенно широко используется при разработке новых модифицированных сухих строительных смесей (рис. 3).

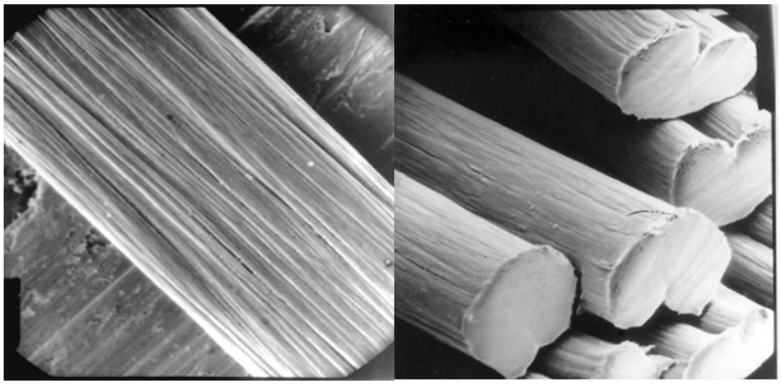


Рисунок 3. Поперечное сечение волокна и его поверхность под электронным микроскопом

Термический анализ (DTA/TG). Дифференциальный термический анализ и термогравиметрия применяются для исследования процессов дегидратации продуктов гидратации цемента.

Метод позволяет определить: количество химически связанной воды, содержание гидроксида кальция, степень гидратации цемента, карбонизацию цементного камня и влияние минеральных добавок на процессы твердения [22].

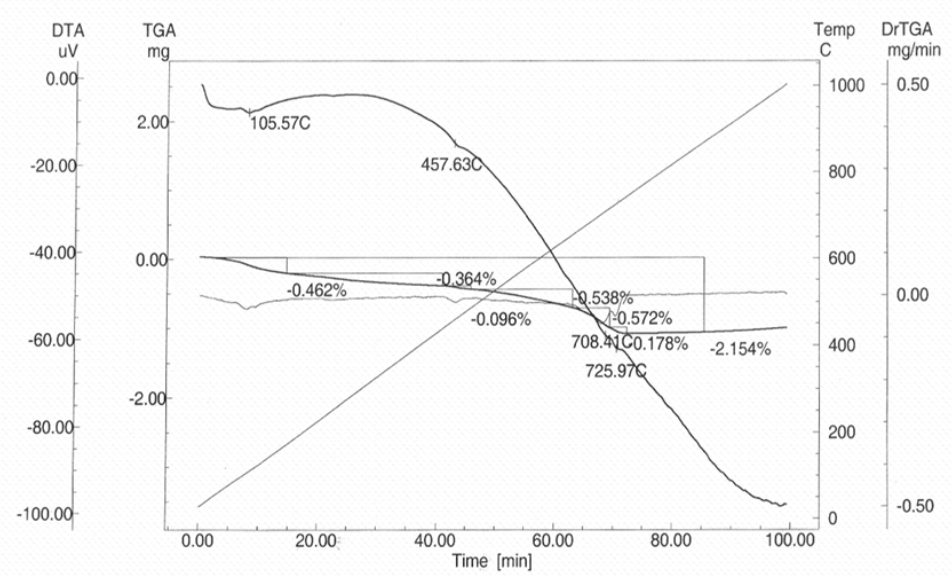


Рисунок 4. Результаты термического исследования портландцемента

По изменению массы образца при нагревании оценивают количественное содержание отдельных фаз цементного камня.

Заключение

Проведённые исследования и испытания сухих напольных покрытий на цементной основе показали, что оценка качества таких материалов должна осуществляться комплексно с использованием как традиционных физико-механических испытаний, так и современных инструментальных методов анализа.

Систематизация действующих стандартов показала наличие трех основных систем стандартизации — ГОСТ, EN и ASTM, каждая из которых имеет свои особенности регламентации методов испытаний. Установлено, что при сопоставимости определяемых

показателей методы испытаний различаются по применяемому оборудованию, форме и размерам образцов, условиям твердения и точности результатов. Для практического применения в условиях действующей нормативной базы Республики Узбекистан целесообразно использование методов ГОСТ с возможностью гармонизации с европейскими стандартами EN в части классификации напольных материалов по EN 13813 [14].

К основным показателям качества относятся подвижность растворной смеси, прочность при сжатии и изгибе, адгезия к основанию, капиллярное водопоглощение. Совокупность этих характеристик определяет долговечность и эксплуатационную надежность напольных покрытий.

Современные методы исследования микроструктуры, включая рентгенофазовый анализ, сканирующую электронную микроскопию, термический анализ и инфракрасную спектроскопию, позволяют детально изучить процессы гидратации цемента, механизм действия минеральных и химических добавок, а также установить взаимосвязь между структурой материала и его эксплуатационными свойствами.

Комплексное применение стандартных методов испытаний и современных аналитических технологий является основой разработки новых высокоэффективных сухих строительных смесей для устройства долговечных, прочных и износостойких цементных напольных покрытий.

Рекомендации по выбору методов испытаний для условий Республики Узбекистан. С учётом действующей нормативной базы, резко континентального климата (значительные перепады температур, низкая влажность воздуха) и реальной оснащённости лабораторий рекомендуется дифференцированный подход:

• для входного контроля на производстве и строительной площадке — методы ГОСТ как наиболее доступные и метрологически обеспеченные: подвижность по ГОСТ 5802–86, прочность при сжатии и изгибе по ГОСТ 31358–2019, адгезия по ГОСТ 31356–2007 (прибор ПСО–МГ4), капиллярное водопоглощение по ГОСТ 12730.3–2020;

• для приёмо-сдаточных и сертификационных испытаний — поэтапное внедрение методов EN: классификация по EN 13813, прочность по EN 13892-2, истираемость по EN 13892-3, адгезия по EN 13892-8, стабильность размеров по EN 13892-9, что обеспечит сопоставимость результатов с зарубежными данными;

• для научных исследований и разработки новых рецептур — комплексное применение XRD, SEM, DTA/TG и FTIR; при отсутствии дорогостоящего оборудования — использование методов ASTM (C109/C109M, C348, C1585, C779/C779M) в рамках совместных исследований;

• с учётом климатических особенностей региона — дополнять стандартные испытания определением прочности после температурной обработки (до +45…+50 °C), оценкой морозостойкости контактной зоны по ГОСТ 31356–2007 и ASTM C666/C666M, обязательным контролем капиллярного водопоглощения и усадочных деформаций.

Для практической реализации рекомендаций целесообразно провести инвентаризацию испытательного оборудования, организовать обучение специалистов методам EN и ASTM, разработать национальное методическое руководство по выбору методов испытаний и предусмотреть поэтапное оснащение базовых лабораторий современным инструментальным оборудованием.

Комплексное применение стандартных методов испытаний и современных аналитических технологий является основой разработки новых высокоэффективных сухих строительных смесей для устройства долговечных, прочных и износостойких цементных напольных покрытий, адаптированных к условиям эксплуатации в Республике Узбекистан.

Список литературы

1. ГОСТ 31357–2007. Смеси сухие строительные на цементном вяжущем. Общие технические условия.
2. ГОСТ 31358–2019. Смеси сухие строительные напольные на цементном вяжущем. Методы испытаний.
3. ГОСТ 31356–2007. Смеси сухие строительные на цементном вяжущем. Методы испытаний.
4. ГОСТ 5802–86. Растворы строительные. Методы испытаний.
5. ГОСТ 31357–2007. Смеси сухие строительные на цементном вяжущем. Общие технические условия.
6. ГОСТ 31358–2019. Смеси сухие строительные напольные на цементном вяжущем. Методы испытаний.
7. ГОСТ 5802–86. Растворы строительные. Методы испытаний.
8. ГОСТ 31356–2007. Смеси сухие строительные на цементном вяжущем. Методы испытаний.
9. ASTM C1708/C1708M-25. Standard Test Methods for Self-leveling Mortars Containing Hydraulic Cements. ASTM International. – ASTM International. – 2025.
10. ASTM C109/C109M-26a. Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 50 mm [2 in.] Cube Specimens). ASTM International. – ASTM International.
11. ASTM C348-21. Standard Test Method for Flexural Strength of Hydraulic-Cement Mortars. ASTM International. – ASTM International. – 2021.
12. ASTM C1585-20. Standard Test Method for Measurement of Rate of Absorption of Water by Hydraulic-Cement Concretes. ASTM International. – ASTM International. – 2020.
13. ASTM C779/C779M-19. Standard Test Method for Abrasion Resistance of Horizontal Concrete Surfaces. ASTM International. – ASTM International. – 2019.
14. EN 13813:2002. Screed material and floor screeds – Screed material – Properties and requirements. CEN. – CEN, 2002.
15. EN 13892-2:2002. Methods of test for screed materials – Part 2: Determination of flexural and compressive strength. CEN. – CEN, 2002.

16. EN 13892-3:2014. Methods of test for screed materials – Part 3: Determination of wear resistance – Böhme. CEN. – CEN, 2014.
17. EN 13892-6:2002. Methods of test for screed materials – Part 6: Determination of surface hardness. CEN. – CEN, 2002.
18. EN 13892-8:2002. Methods of test for screed materials – Part 8: Determination of bond strength. CEN. – CEN, 2002.
19. EN 13892-9:2025. Methods of test for screed materials – Part 9: Dimensional stability. CEN. – CEN, 2025.
20. Fan L., Xiong S., Wang W. et al. Effect of Polycarboxylate Admixture on the Performance of Fluorogypsum-Based Self-Leveling Material // Applied Sciences. – 2023. – T. 13, № 23.
21. Ge S. et al. Influence and mechanism analysis of different types of water reducing agents on volume shrinkage of cement mortar // Journal of Building Engineering. – 2023. – T. 76.
22. Gruber D. et al. Performance evaluation of self-leveling mortars using phosphogypsum and white ceramic waste // Revista IBRACON de Estruturas e Materiais. – 2024. – T. 17, № 1.
23. Hewlett P.C., Liska M. Lea's Chemistry of Cement and Concrete. Elsevier. – 2019.
24. ISO 679:2009. Cement – Test methods – Determination of strength. ISO. – ISO, 2009.
25. Mehta P.K., Monteiro P.J.M. Concrete: Microstructure, Properties, and Materials. McGraw-Hill. – 2006.
26. Neville A.M. Properties of Concrete. Pearson Education. – 2011.
27. Pan Z. et al. Retardation and compressive strength enhancement effect of upcycling waste carrot as bio-admixture for cement mortars // Journal of Building Engineering. – 2022. – T. 54.
28. Scrivener K., Snellings R., Lothenbach B. A Practical Guide to Microstructural Analysis of Cementitious Materials. CRC Press. – 2018.
29. Wang Y., Wu J., Su L. et al. Effect of Chemical Admixtures on the Working Performance and Mechanical Properties of Cement-Based Self-Leveling Mortar // Buildings. – 2023. – T. 13, № 9.
30. Zong M., Ma H., Yan X. et al. Advances in the Application and Mechanism of Admixtures and Industrial By-Products in Cement-Based Self-Leveling Mortar: A Comprehensive Review // Materials. – 2025. – T. 18, № 8.

References

1. GOST 31357 [Dry building mixtures on cement binder. General specifications]. – 2007. (In Russ.).
2. GOST 31358 [Dry building floor mixtures on cement binder. Test methods]. – 2019. (In Russ.).
3. GOST 31356 [Dry building mixtures on cement binder. Test methods]. – 2007. (In Russ.).
4. GOST 5802–86. [Mortars for construction. Test methods] (In Russ.).
5. GOST 31357 [Dry building mixtures on cement binder. General specifications]. – 2007. (In Russ.).
6. GOST 31358 [Dry building floor mixtures on cement binder. Test methods]. – 2019. (In Russ.).

7. GOST 5802–86. [Mortars for construction. Test methods] (In Russ.).
8. GOST 31356 [Dry building mixtures on cement binder. Test methods]. – 2007. (In Russ.).
9. ASTM C1708/C1708M-25. Standard Test Methods for Self-leveling Mortars Containing Hydraulic Cements. ASTM International. – ASTM International. – 2025.
10. ASTM C109/C109M-26a. Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 50 mm [2 in.] Cube Specimens). ASTM International. – ASTM International.
11. ASTM C348-21. Standard Test Method for Flexural Strength of Hydraulic-Cement Mortars. ASTM International. – ASTM International. – 2021.
12. ASTM C1585-20. Standard Test Method for Measurement of Rate of Absorption of Water by Hydraulic-Cement Concretes. ASTM International. – ASTM International. – 2020.
13. ASTM C779/C779M-19. Standard Test Method for Abrasion Resistance of Horizontal Concrete Surfaces. ASTM International. – ASTM International. – 2019.
14. EN 13813:2002. Screed material and floor screeds – Screed material – Properties and requirements. CEN. – CEN, 2002.
15. EN 13892-2:2002. Methods of test for screed materials – Part 2: Determination of flexural and compressive strength. CEN. – CEN, 2002.
16. EN 13892-3:2014. Methods of test for screed materials – Part 3: Determination of wear resistance – Böhme. CEN. – CEN, 2014.
17. EN 13892-6:2002. Methods of test for screed materials – Part 6: Determination of surface hardness. CEN. – CEN, 2002.
18. EN 13892-8:2002. Methods of test for screed materials – Part 8: Determination of bond strength. CEN. – CEN, 2002.
19. EN 13892-9:2025. Methods of test for screed materials – Part 9: Dimensional stability. CEN. – CEN, 2025.
20. Fan L., Xiong S., Wang W. et al. Effect of Polycarboxylate Admixture on the Performance of Fluorogypsum-Based Self-Leveling Material // Applied Sciences. – 2023. – Vol. 13, No. 23.
21. Ge S. et al. Influence and mechanism analysis of different types of water reducing agents on volume shrinkage of cement mortar // Journal of Building Engineering. – 2023. – Vol. 76.
22. Gruber D. et al. Performance evaluation of self-leveling mortars using phosphogypsum and white ceramic waste // Revista IBRACON de Estruturas e Materiais. – 2024. – Vol. 17, No. 1.
23. Hewlett P.C., Liska M. Lea's Chemistry of Cement and Concrete. Elsevier. – 2019.
24. ISO 679:2009. Cement – Test methods – Determination of strength. ISO. – ISO, 2009.
25. Mehta P.K., Monteiro P.J.M. Concrete: Microstructure, Properties, and Materials. McGraw-Hill. – 2006.
26. Neville A.M. Properties of Concrete. Pearson Education. – 2011.
27. Pan Z. et al. Retardation and compressive strength enhancement effect of upcycling waste carrot as bio-admixture for cement mortars // Journal of Building Engineering. – 2022. – Vol. 54.

28. Scrivener K., Snellings R., Lothenbach B. A Practical Guide to Microstructural Analysis of Cementitious Materials. CRC Press. – 2018.
29. Wang Y., Wu J., Su L. et al. Effect of Chemical Admixtures on the Working Performance and Mechanical Properties of Cement-Based Self-Leveling Mortar // Buildings. – 2023. – Vol. 13, No. 9.
30. Zong M., Ma H., Yan X. et al. Advances in the Application and Mechanism of Admixtures and Industrial By-Products in Cement-Based Self-Leveling Mortar: A Comprehensive Review // Materials. – 2025. – Vol. 18, No. 8.