



МИСИ
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВПО «Московский государственный
строительный университет»

О.Б. Ляпидевская
Е.А. Безуглова

**БЕТОННЫЕ СМЕСИ.
ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ.
МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ.
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ
РОССИЙСКИХ И ЕВРОПЕЙСКИХ
СТРОИТЕЛЬНЫХ НОРМ**

Учебное пособие

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВПО «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

О.Б. Ляпидевская, Е.А. Безуглова

БЕТОННЫЕ СМЕСИ. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ.
МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ
РОССИЙСКИХ И ЕВРОПЕЙСКИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ НОРМ

Учебное пособие

TAQI Axborot resurs markazi

№ _____

Москва 2013

УДК 693.5(07)+666.97(07)

ББК 38.33я79

Л 97

Рецензенты:

профессор, кандидат технических наук А.П. Пустовгар,
руководитель научно-исследовательского института
строительных материалов и технологий МГСУ;
доктор технических наук Г.Н. Первушин,
профессор кафедры строительных материалов и геотехники, декан инженерно-
строительного факультета ФГБОУ ВПО «Ижевский государственный
технический университет имени М.Т. Калашникова»

Издано при поддержке

НП «СРО «Кузбасский проектно-научный центр»»

Ляпидевская О.Б.

Л 97 Бетонные смеси. Технические требования. Методы испытаний. Сравнительный анализ российских и европейских строительных норм : методические указания / О.Б. Ляпидевская, Е.А. Безуглова ; М-во образования и науки Росс. Федерации, ФГБОУ ВПО «Моск. гос. строит. ун-т». Москва : МГСУ, 2013. 60 с.

ISBN 978-5-7264-0734-0

Приведены основные положения российских строительных стандартов и европейских строительных норм, касающиеся технических требований, предъявляемых к бетонным смесям, а также методы их испытаний. Проведен сравнительный анализ этих требований и методов испытаний, дано сопоставление показателей, позволяющих провести оценку качества строительных материалов, выпускаемых в РФ и ЕС. Раскрыто содержание основных терминов. Приведен перечень основных нормативных документов, используемых специалистами в РФ и ЕС при контроле качества строительных материалов.

Для магистрантов, изучающих курс «Основы строительных норм, российских и зарубежных», а также для всех студентов технических вузов, желающих повысить уровень знаний в области российской и европейской нормативной строительной документации.

УДК 693.5(07)+666.97(07)

ББК 38.33я79

ISBN 978-5-7264-0734-0

© ФГБОУ ВПО «МГСУ», 2013
© Рожков А.Н., иллюстрации,
2013

ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ

1. ГОСТ 7473-94 Смеси бетонные. Технические условия.
2. ГОСТ 7473-2010 Смеси бетонные. Технические условия.
3. ГОСТ 10181.0 Смеси бетонные. Общие требования к методам испытаний.
4. ГОСТ 22685 Формы для изготовления контрольных образцов бетона.
5. ГОСТ 10181-2000 Смеси бетонные. Методы испытаний.
6. ГОСТ 10181.1-81 Смеси бетонные. Методы определения удобоукладываемости.
7. ГОСТ 10181.2-81 Смеси бетонные. Методы определения плотности.
8. ГОСТ 10181.3-81 Смеси бетонные. Методы определения пористости.
9. ГОСТ 10181.4-81 Смеси бетонные. Методы определения расслаиваемости.
10. СНиП 82-02-95 Федеральные (типовые) элементные нормы расхода цемента при изготовлении бетонных и железобетонных изделий и конструкций.
11. EN 206-1:2009: Бетоны. Часть 1. Технические требования, производство, контроль качества.
12. EN 12350-1:2009: Испытания бетонной смеси. Часть 1. Изготовление образцов.
13. EN 12350-2:2009: Испытания бетонной смеси. Часть 2. Определение осадки конуса.
14. EN 12350-3:2009: Испытания бетонной смеси. Часть 3. Испытание по Вебе.
15. EN 12350-4:2009: Испытания бетонной смеси. Часть 4. Определение степени уплотнения.
16. EN 12350-5:2009: Испытания бетонной смеси. Часть 5. Определение подвижности на встряхивающем столике.
17. EN 12350-6:2009: Испытания бетонной смеси. Часть 6. Определение плотности.
18. EN 12350-7:2009: Испытания бетонной смеси. Часть 7. Определение объема вовлеченного воздуха методом выравнивания давления.

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Автобетоносмеситель — смесительное оборудование, смонтированное на самоходном шасси, позволяющее обеспечить тщательное перемешивание и поддержание однородного состояния бетонной смеси на период транспортировки.

Автобетоновоз — транспортное средство, используемое для перевозки бетонной смеси в емкости без ее возбуждения или перемешивания во время движения.

Базовая (типовая) норма расхода цемента — чистый расход цемента, необходимый для изготовления 1 м^3 бетона заданного качества, по типовой технологии, из материалов с усредненными стандартными показателями качества.

Бетонная смесь — готовая к применению перемешанная однородная смесь вяжущего, заполнителей и воды с добавлением или без добавления химических и минеральных добавок, которая после уплотнения, схватывания и твердения превращается в бетон.

Бетонная смесь заданного качества — бетонная смесь, требуемые свойства и дополнительные характеристики которой задаются производителю, несущему ответственность за обеспечение этих требуемых свойств и дополнительных характеристик.

Бетонная смесь заданного состава — бетонная смесь, состав которой и используемые при ее приготовлении составляющие задаются производителю, несущему ответственность за обеспечение этого состава.

Бетонная смесь заданного нормированного состава — бетонная смесь заданного состава, который определен конкретным стандартом или техническим документом, например, производственными нормами.

Бетонная смесь, приготовленная на стройплощадке — бетонная смесь, приготовленная в месте строительства производителем работ для собственного использования.

Водоцементное отношение — отношение эффективного количества воды к массе цемента в свежеприготовленном бетоне.

Доставка — процесс транспортирования бетонной смеси от производителя к потребителю.

Жесткость бетонной смеси (c) — показатель удобоукладываемости бетонной смеси, который характеризуется временем вибрирования, необходимым для выравнивания и уплотнения предварительно отформованного конуса бетонной смеси в стандартном приборе.

Загрузка — количество бетонной смеси, содержащее один или несколько замесов, перевозимое в одном транспортном средстве в один адрес одному потребителю.

Заказчик — лицо или организация, устанавливающие для производителя требования к бетонной смеси.

Замес — количество свежеприготовленного бетона, перемешанного за один операционный цикл для смесителей циклического действия.

Заполнитель — материал зернистого строения, входящий в состав строительных растворов, бетонов, не вступающий в химическую реакцию с вяжущими веществами.

Метод испытания — установленные технические правила проведения испытаний.

Подвижность бетонной смеси ($см$) — показатель удобоукладываемости бетонной смеси, характеризующий способность смеси расплываться под действием собственной массы.

Пористость (%) — степень заполнения материала порами.

Проба — порция бетонной смеси одного состава, отобранная из одного замеса или одной транспортной емкости (автобетоносмесителя), предназначенная для изготовления одной или нескольких серий образцов.

Поставщик бетонной смеси — лицо или организация, имеющие договор с потребителем на поставку бетонной смеси, отвечающие за количество и качество поставляемой бетонной смеси и за все другие условия договора на поставку.

Потребитель — лицо или организация, использующие бетонную смесь при изготовлении сборных изделий или возведении монолитных бетонных и железобетонных конструкций.

Производитель — лицо или организация, производящие бетонную смесь и несущие ответственность за обеспечение ее заданного состава или требуемых свойств бетонной смеси и бетона.

Товарная бетонная смесь — бетонная смесь, приготовленная в стационарах или мобильных смесителях и транспортируемая в пластичном состоянии к месту применения (к потребителю).

Связность — способность бетонной смеси сохранять однородную структуру, т.е. не расслаиваться в процессе транспортирования, укладки и уплотнения.

Средняя плотность (кг/м^3) — масса единицы объема вещества в естественном состоянии.

Строительная площадка — место, где ведутся строительные работы.

Удобоукладываемость — свойство бетонной смеси заполнять форму при определенном способе уплотнения, сохраняя при этом свою однородность.

Цемент — минеральное вяжущее вещество, которое при затворении водой образует пластично-вязкое тесто, способное схватываться и твердеть в результате реакций гидратации и сохранять свою прочность и стабильность на воздухе и в воде.

1. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К БЕТОННЫМ СМЕСЯМ. МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ В СООТВЕТСТВИИ С РОССИЙСКИМИ СТАНДАРТАМИ

До 2012 г. в России действовал ГОСТ 7473-94, устанавливающий требования, предъявляемые к бетонным смесям. С 2012 г. эти требования регламентируются ГОСТ 7473-2010 «Смеси бетонные. Технические условия», который разработан с учетом основных нормативных положений европейского стандарта EN 206-1 «Бетон — Часть 1: Общие технические требования, эксплуатационные характеристики, производство и критерии соответствия».

1.1. КЛАССИФИКАЦИЯ И УСЛОВНОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

В табл. 1.1 представлены классификация и условное обозначение бетонных смесей в соответствии с ранее действующим ГОСТ 7473-94 и новым ГОСТ 7473-2010.

Таблица 1.1

Классификация и условные обозначения бетонных смесей в соответствии с ГОСТ 7473-94 и ГОСТ 7473-2010

ГОСТ 7473-94	ГОСТ 7473-2010
Классификация бетонных смесей	
По степени готовности: – бетонные смеси, готовые к употреблению (БСП); – бетонные смеси сухие (БСС)	По типу бетона: – бетонные смеси тяжелого бетона (БСТ); – бетонные смеси мелкозернистого бетона (БСМ); – бетонные смеси легкого бетона (БСЛ)
По удобоукладываемости*: – сверхжесткие (СЖ); – жесткие (Ж); – подвижные (П)	По удобоукладываемости*: – жесткие (Ж); – подвижные (П); – растекающиеся (Р)

*Каждую группу подразделяют на марки по удобоукладываемости (табл. 1.3—1.7)

Условное обозначение бетонной смеси включает:	
Сокращенное обозначение бетонной смеси с указанием степени готовности, типа бетона и его класса по прочности, марки по удобоукладываемости, морозостойкости, водонепроницаемости, сред-	Сокращенное обозначение бетонной смеси в соответствии с типом бетона, класса бетона по прочности, марки бетонной смеси по удобоукладываемости и, при необходимости, других нор-

ней плотности (для легкого бетона) и обозначения стандарта

мируемых показателей качества, например, марки по морозостойкости, марки по водонепроницаемости, средней плотности бетона и др., и обозначения стандарта

Примеры условных обозначений:

– готовой к употреблению бетонной смеси тяжелого бетона класса по прочности В25, марки по удобоукладываемости П1, марок бетона по морозостойкости F200 и водонепроницаемости W4:
БСТ В25 П1 F200 W4 ГОСТ 7473-94;
– готовой к употреблению бетонной смеси легкого бетона класса по прочности В12,5, марки по удобоукладываемости П2, марок бетона по морозостойкости F200, водонепроницаемости W2, средней плотности D900:
БСЛ В12,5 П2 F200 W2 D900 ГОСТ 7473-94

– бетонной смеси тяжелого бетона класса по прочности В25, марки по удобоукладываемости П1, марок бетона по морозостойкости F200 и водонепроницаемости W4:
БСТ В25 П1 F200 W4 ГОСТ 7473-2010;
– то же, бетонной смеси мелкозернистого бетона:
БСМ В25 П1 F200 W4 ГОСТ 7473-2010;
– бетонной смеси тяжелого бетона класса по прочности на сжатие В25 с минимальной требуемой прочностью бетона 33 МПа, марки по удобоукладываемости П1, с осадкой конуса 3 см, марок бетона по морозостойкости F200 и водонепроницаемости W4:
БСТ В25 ($R'_{cm} \geq 33$ МПа) П1 (ОК 3 см) F200 W4 ГОСТ 7473-2010;
– бетонной смеси легкого бетона класса по прочности В12,5, марки по удобоукладываемости П2, марок бетона по морозостойкости F200, водонепроницаемости W2, средней плотности D900:
БСЛ В12,5 П2 F200 W2 D900 ГОСТ 7473-2010

1.2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К БЕТОННЫМ СМЕСЯМ

К бетонным смесям предъявляют требования по следующим показателям:

- удобоукладываемости;
- средней плотности;
- пористости (по объему вовлеченного воздуха и объему межзерновых пустот);
- расслаиваемости (раствороотделению и водоотделению);
- температуре;
- сохранности свойств во времени.

1.3. МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Испытания бетонных смесей для приготовления тяжелого, мелкозернистого и легкого бетонов проводят в соответствии с ГОСТ 10181 «Смеси бетонные. Методы испытаний».

1.3.1. Правила отбора проб для проведения испытаний

Пробы бетонной смеси для испытания при производственном контроле следует отбирать:

- при производстве сборных и монолитных изделий и конструкций — на месте укладки бетонной смеси непосредственно перед началом бетонирования из средней части замеса или порции смеси; при непрерывной подаче бетонной смеси (ленточными транспортерами, бетононасосами) пробы отбирают в три приема в случайные моменты времени в течение не более 10 мин;
- при отпуске товарной бетонной смеси — на месте ее приготовления при погрузке в транспортную емкость;
- отобранную пробу перед проведением испытаний дополнительно перемешивают, за исключением бетонных смесей, содержащих воздухововлекающие, газообразующие и пенообразующие добавки, а также предварительно разогретые смеси;
- объем отобранной пробы должен обеспечивать не менее двух определений всех контролируемых показателей качества бетонной смеси;
- отобранная проба перед проведением испытаний должна быть дополнительно перемешана, за исключением бетонных смесей, содержащих воздухововлекающие, газообразующие и пенообразующие добавки, а также предварительно разогретые смеси;
- испытание бетонной смеси и изготовление контрольных образцов бетона проводят не позднее чем через 10 мин после отбора пробы;
- температура бетонной смеси от момента отбора пробы до момента окончания испытания не должна изменяться более чем на 5 °С;
- условия хранения пробы бетонной смеси после ее отбора до момента испытания должны исключить потерю влаги или увлажнение.
- результаты определения показателей качества бетонной смеси должны быть занесены в журнал, в котором указывают:
 - наименование организации — изготовителя смеси;
 - наименование бетонной смеси по ГОСТ 7473;
 - наименование определяемого показателя качества;
 - дату и время испытания;
 - место отбора пробы;
 - температуру бетонной смеси;
 - результаты частных определений отдельных показателей качества бетонной смеси и среднеарифметические результаты по каждому показателю.

1.3.2. Определение удобоукладываемости бетонной смеси

Удобоукладываемость бетонной смеси оценивают показателями подвижности по осадке и расплыву конуса, жесткости, а также степени уплотнения бетонной смеси. Марки бетонной смеси устанавливают в соответствии с указанными показателями (табл. 1.3—1.8).

Определение подвижности бетонной смеси по осадке стандартного конуса и расплыву смеси

Приборы и оборудование

- 1) конус нормальный или увеличенный (рис. 1.1);
- 2) воронка загрузочная;
- 3) металлический или пластмассовый лист размерами не менее 700 × 700 мм;
- 4) прямой металлический гладкий стержень диаметром 16 мм, длиной 600 мм с округленными концами;
- 5) кельма;
- 6) секундомер;
- 7) линейка стальная.

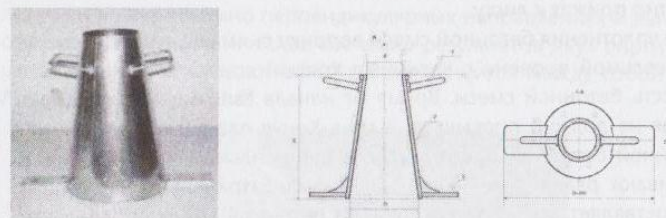


Рис. 1.1. Стандартный конус для определения подвижности бетонной смеси:
1 — ручка; 2 — корпус; 3 — упоры

Для определения подвижности бетонной смеси с зернами заполнителя наибольшей крупностью до 40 мм включительно применяют нормальный конус, а с зернами наибольшей крупностью более 40 мм — увеличенный. Размер используемого конуса принимают по табл. 1.2.

Таблица 1.2

Размеры конуса в зависимости от наибольшей крупности зерен заполнителя			
Наименование конуса	Внутренний размер конуса, мм		
	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>H</i>
Нормальный	100±2	200±2	300±2
Увеличенный	150±2	300±2	450±2

Примечание. Конус для определения жесткости по методу Скрамтаева изготавливают без упоров.

Подготовка к испытанию

Перед испытаниями все соприкасающиеся с бетонной смесью поверхности следует очистить и увлажнить.

Проведение испытания

Конус устанавливают на гладкий лист и заполняют его бетонной смесью марок П1, П2 или П3 через воронку в три слоя одинаковой высоты. Каждый слой на его высоту уплотняют штыкованием металлическим стержнем: в нормальном конусе — 25 раз, в увеличенном — 56 раз.

Бетонной смесью марок П4 и П5 конус заполняют в один прием и штыкуют 10 раз. Конус во время заполнения и штыкования должен быть плотно прижат к листу.

После уплотнения бетонной смеси воронку снимают, избыток смеси срезают кельмой вровень с верхними краями конуса и заглаживают поверхность бетонной смеси. Время от начала заполнения конуса до его снятия не должно превышать 3 мин. Конус плавно снимают с отформованной бетонной смеси в строго вертикальном направлении и устанавливают рядом с ней (рис. 1.2). Время, затраченное на подъем конуса, составляет 5—7 с. Осадку конуса бетонной смеси определяют, укладывая гладкий стержень на верх формы и измеряя расстояние от нижней поверхности стержня до верха бетонной смеси.

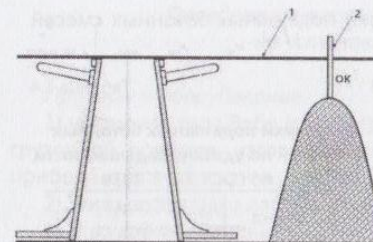


Рис. 1.2. Определение осадки конуса бетонной смеси:
1 — стержень; 2 — линейка

Если после снятия формы конуса бетонная смесь разваливается, измерение не выполняют и испытание повторяют на новой пробе бетонной смеси. Осадку конуса бетонной смеси, определенную в увеличенном конусе, приводят к осадке нормального конуса умножением осадки увеличенного конуса на коэффициент 0,67.

Осадку конуса бетонной смеси определяют дважды.

Общее время испытания с начала заполнения конуса бетонной смесью при первом определении и до момента измерения осадки конуса при втором определении не должно превышать 10 мин.

Осадку конуса бетонной смеси вычисляют, как среднеарифметическое результатов двух определений из одной пробы.

В соответствии с ГОСТ 7473-94 распыл конуса бетонной смеси оценивался по нижнему диаметру лепешки (в см), образовавшейся в результате распыла бетонной смеси при определении подвижности по осадке нормального конуса. Распыл конуса бетонной смеси определялся измерением металлической линейкой диаметра расплывшейся лепешки в двух взаимно перпендикулярных направлениях и вычислялся как среднеарифметическое значение результатов двух определений распыла конуса из одной пробы, отличающихся между собой не более чем на 3 см (рис. 1.3).

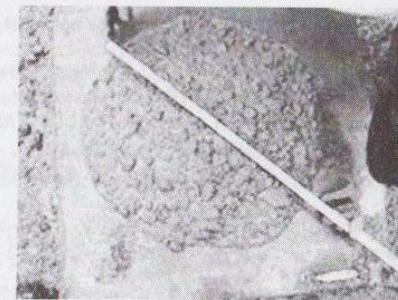


Рис. 1.3. Измерение распыла конуса бетонной смеси в соответствии с ГОСТ 7473-94

В табл. 1.3 и 1.4 представлены марки подвижных бетонных смесей (П1—П5) по удобоукладываемости.

Таблица 1.3

Марки подвижных бетонных смесей по удобоукладываемости по ГОСТ 7473-94

Марка	Жесткость, с	Осадка конуса, см	Расплыв конуса, см
П1	4 и менее	1—4	—
П2	—	5—9	—
П3	—	10—15	—
П4	—	16—20	26—30
П5	—	21 и более	31 и более

Таблица 1.4

Марки подвижных бетонных смесей по удобоукладываемости по ГОСТ 7473-2010

Марка	Осадка конуса, см
П1	1—4
П2	5—9
П3	10—15
П4	16—20
П5	более 20

Согласно ГОСТ 7473-2010 определение подвижности по расплыву конуса проводится в соответствии с EN 12350-5 (гл. 2, п. 2.2.2). В зависимости от показателя распыла конуса бетонные смеси подразделяют на марки (табл. 1.5).

Таблица 1.5

Марки бетонной смеси по расплыву конуса

Марка	Расплыв конуса, см
P1	менее 35
P2	35—41
P3	42—48
P4	49—55
P5	56—62
P6	более 62

Определение жесткости бетонной смеси

Жесткость бетонной смеси характеризуют временем вибрирования в секундах, необходимым для уплотнения бетонной смеси.

В зависимости от марки бетонной смеси по удобоукладываемости применяют следующие методы определения жесткости:

- на установке типа Вебе — смесей марок Ж1—Ж5 (Ж1—Ж4 и СЖ1—СЖ3)*;
- по методу Красного — смесей марок Ж1—Ж5 (Ж1—Ж4)*;
- по методу Скрамтаева — смесей марок Ж1—Ж5 (Ж1—Ж4)*.

* В соответствии с ГОСТ 7473-94.

Определение жесткости бетонной смеси на установке типа Вебе

Приборы и оборудование

- 1) установка типа Вебе (рис. 1.4), состоящая из цилиндра, конуса, загрузочной воронки, изготовленных из листовой стали; к основанию прибора крепятся штанга с шайбой и диском с отверстиями;
- 2) виброплощадка лабораторная;
- 3) прямой металлический гладкий стержень диаметром 16 мм, длиной 600 мм с округленными концами;
- 4) кельма;
- 5) секундомер.

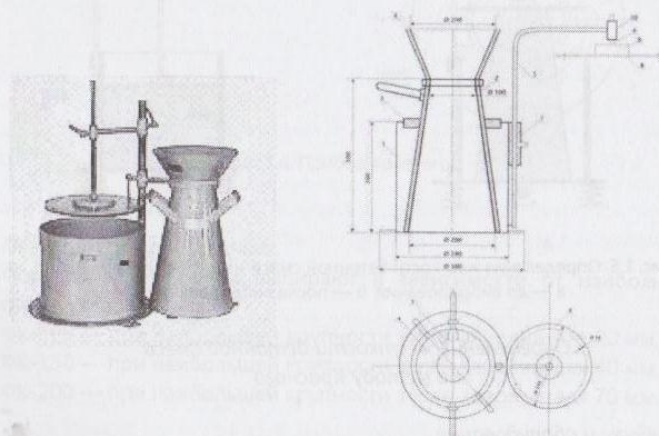


Рис. 1.4. Установка типа Вебе: 1 — цилиндр с фланцем в основании; 2 — конус; 3 — кольцо-держатель с ручками; 4 — загрузочная воронка; 5 — штатив; 6 — направляющая втулка; 7 — фиксирующая втулка; 8 — диск с шестью отверстиями; 9 — стальная шайба; 10 — штанга

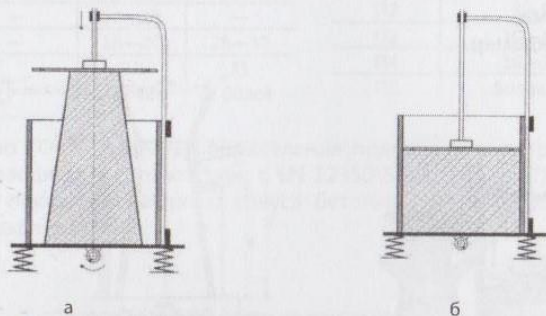
Подготовка к испытанию

Установку собирают и закрепляют на виброплощадке.

Проведение испытания

Заполнение конуса установки бетонной смесью, уплотнение смеси и снятие с отформованной смеси конуса осуществляют в соответствии с методикой, описанной в подразд. «Определение подвижности бетонной смеси по осадке стандартного конуса и расплыву смеси». Поворо-

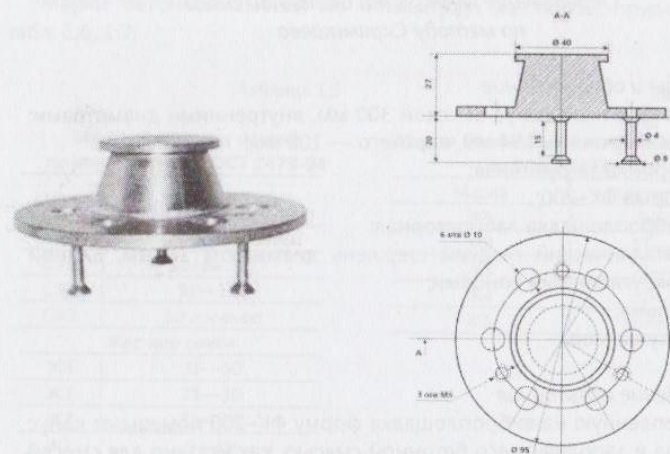
Затем одновременно включают виброплощадку и секундомер и наблюдают за выравниванием и уплотнением бетонной смеси. Смесь вибрируют до тех пор, пока не начнется выделение цементного теста из любых двух отверстий диска (8) (рис. 1.5). В этот момент выключают секундомер и вибратор. Измеренное время в секундах характеризует жесткость бетонной смеси.



Определение жесткости бетонной смеси
по методу Красного

1) прибор Красного, представляющий собой стальной диск с 6-ю отверстиями диаметром 10 мм, усеченным конусом и ножками (рис. 1.6);

- 2) воронка загрузочная;
- 3) формы: ФК-100, ФК-150, ФК-200;
- 4) виброплощадка лабораторная;
- 5) прямой металлический гладкий стержень диаметром 16×600 мм с округленными концами;
- 6) кельма;
- 7) секундомер.



Подготовка к испытанию

ФК-100 — при наибольшей крупности зерен заполнителя 20 мм,
ФК-150 — при наибольшей крупности зерен заполнителя 40 мм,
ФК-200 — при наибольшей крупности зерен заполнителя 70 мм.

Установленную на виброплощадку форму заполняют смесью доверху без уплотнения. Избыток смеси срезают кельмой вровень с верхними краями формы. Прибор Красного погружают в бетонную смесь ножками вниз до соприкосновения диска с поверхностью смеси. Включают одновременно виброплощадку и секундомер и вибрируют смесь до тех пор, пока не начнется выделение цементного теста из любых двух отверстий диска прибора. В этот момент выключают секундомер и виброплощадку. Полученное время (в секундах) характеризует жесткость бетонной смеси.

15

Определение жесткости бетонной смеси по методу Скрамтаева

Приборы и оборудование

- 1) стандартный конус высотой 300 мм, внутренними диаметрами: нижнего основания — 194 мм, верхнего — 100 мм;
- 2) воронка загрузочная;
- 3) форма ФК-200;
- 4) виброплощадка лабораторная;
- 5) металлический гладкий стержень диаметром 16 мм, длиной 600 мм с округленными концами;
- 6) кельма;
- 7) секундомер.

Проведение испытания

В закрепленную на виброплощадке форму ФК-200 помещают конус Скрамтаева и заполняют его бетонной смесью, как указано для смесей марок П1 — П3 (подразд. «Определение подвижности бетонной смеси по осадке стандартного конуса и расплыву смеси»).

Затем конус осторожно снимают и включают одновременно виброплощадку и секундомер. Вибрирование осуществляют до тех пор, пока поверхность бетонной смеси не станет горизонтальной (рис. 1.7). Время (в сек), необходимое для выравнивания поверхности бетонной смеси в форме, характеризует жесткость смеси. Переходный коэффициент от метода Скрамтаева к методу определения жесткости на установке типа Вебе принимают равным 0,7.

Жесткость бетонной смеси вычисляют как среднеарифметическое значение результатов двух определений жесткости из одной пробы смеси.

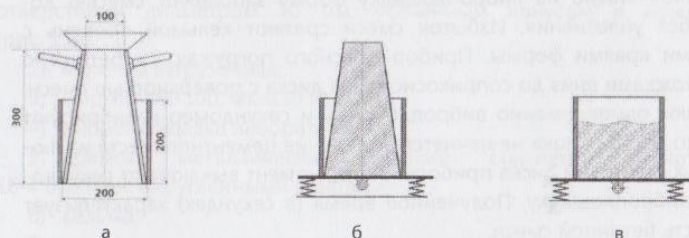


Рис. 1.7. Определение жесткости бетонной смеси по методу Скрамтаева:
а — заполнение формы; б — смесь до вибрирования;
в — смесь после вибрирования

Марки бетонных смесей по показателю жесткости приведены в табл. 1.6, 1.7.

Таблица 1.5

Марки бетонных смесей по жесткости по ГОСТ 7473-94	
Марка	Жесткость, с
Сверхжесткие бетонные смеси	
СЖЗ	более 100
СЖ2	51—100
СЖ1	50 и менее
Жесткие смеси	
Ж4	31—60
Ж3	21—30
Ж2	11—20
Ж1	5—10

Таблица 1.6

Марки бетонных смесей по жесткости по ГОСТ 7473-2010	
Марка	Жесткость, с
Ж1	5—10
Ж2	11—20
Ж3	21—30
Ж4	31—50
Ж5	более 50

Определение подвижности бетонной смеси по степени ее уплотнения

В соответствии с ГОСТ 7473-2010 определение подвижности бетонной смеси по степени ее уплотнения проводят по EN 12350-4 (гл. 2, п. 2.2.2). В зависимости от степени уплотнения бетонные смеси подразделяют на марки (табл. 1.8).

Таблица 1.8

Марки бетонной смеси по степени уплотнения	
Марка	Коэффициент уплотнения
КУ1	более 1,45
КУ2	1,45—1,26
КУ3	1,25—1,11
КУ4	1,10—1,04
КУ5	менее 1,04

Допустимые отклонения заданных значений показателей удобоукладываемости бетонной смеси не должны превышать величин, приведенных в табл. 1.9.

Таблица 1.9

Допустимые отклонения заданных значений показателей удобоукладываемости		
Наименование характеристики удобоукладываемости	Номинальное значение	Допускается
Расплыв конуса, см	все значения	±3
Осадка конуса, см	до 10	±1
	более 10	±2
Жесткость, с	более 10	±3
	до 10	±2
Коэффициент уплотнения	более 1,25	±0,10
	от 1,11 до 1,25	±0,08
	до 1,10	±0,05

1.3.3. Определение средней плотности бетонной смеси

Среднюю плотность бетонной смеси определяют отношением массы уплотненной бетонной смеси к ее объему.

Приборы и оборудование

- 1) сосуды металлические цилиндрические, размеры которых принимают в зависимости от наибольшей крупности зерен фракции заполнителя по табл. 1.10;
- 2) виброплощадка лабораторная;
- 3) весы лабораторные;
- 4) кельма;
- 5) линейка стальная.

Таблица 1.10

Размеры металлических цилиндрических сосудов			
Наибольшая крупность зерен фракции заполнителя, мм	Вместимость сосуда, см ³	Внутренний размер сосуда, мм	
		диаметр	высота
≤20	1000	108	108
40	5000	185	185
≥70	10000	234	234

Примечание. Плотность бетонной смеси, предназначенной для приготовления бетонов классов В5 и менее на пористых заполнителях, определяют в сосудах вместимостью 5000 см³ или в формах ФК-150 независимо от наибольшей крупности заполнителя.

Рис. 1.8. Металлические
стальные цилиндры

Подготовка к испытанию

Перед испытанием мерный сосуд взвешивают и записывают результат.

Проведение испытания

Бетонную смесь помещают в сосуд и уплотняют на виброплощадке. Избыток смеси срезают стальной линейкой, поверхность

тщательно выравнивают с краями мерного сосуда. Затем сосуд с бетонной смесью взвешивают с погрешностью не более 1 г.

Среднюю плотность бетонной смеси $\rho_{см}$ вычисляют по формуле (1.1):

$$\rho_{см} = \frac{m - m_1}{V}, \text{ г/см}^3, \quad (1.1)$$

где m — масса мерного сосуда с бетонной смесью, г; m_1 — масса мерного сосуда без смеси, г; V — вместимость мерного сосуда, см³.

Среднюю плотность бетонной смеси определяют дважды для каждой пробы смеси и вычисляют как среднеарифметическое значение результатов двух определений из одной пробы.

1.3.4. Определение пористости бетонной смеси

Пористость бетонной смеси оценивают следующими показателями:

- объемом воздуха или газа, содержащегося в уплотненной бетонной смеси (объемом вовлеченного воздуха) — для бетонов на плотных и пористых заполнителях;
- объемом межзерновых пустот — для бетонов на пористых заполнителях.

Определение объема вовлеченного воздуха

Объем вовлеченного воздуха в бетонной смеси на плотных заполнителях определяют объемным или компрессионным методом, а бетонной смеси на пористых заполнителях — только объемным методом;

Объем вовлеченного воздуха определяют экспериментальным или расчетным методом.

Объемный метод определения вовлеченного воздуха

Приборы и оборудование

- 1) объеммер (рис. 1.9), состоящий из цилиндрического сосуда (8); пригружающего пуансона (5), выполненного в виде металлического кольца, имеющего дно из сетки и петлю для поднятия его из сосуда (4); металлической пластины (1) с ограничителями (2) и конусообразной стрелкой с острым кольцом (3);
- 2) весы лабораторные;
- 3) виброплощадка лабораторная;
- 4) кельма;
- 5) посуда мерная стеклянная;
- 6) прямой металлический гладкий стержень длиной 600 мм, диаметром 16 мм с округленными концами.

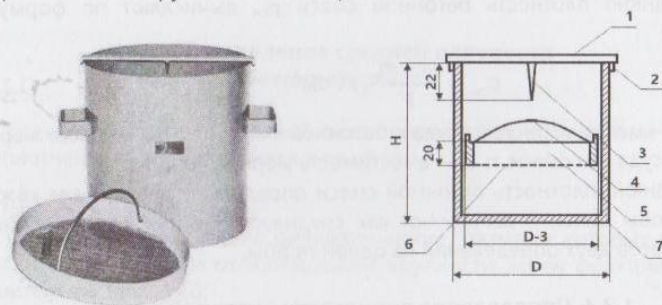


Рис. 1.9. Объеммер: 1 — металлическая пластина (15 × 5 мм); 2 — ограничители; 3 — стрелка; 4 — петля; 5 — пригружающий пуансон; 6 — сетка с ячейками размером 1,2 мм; 7 — цилиндрический сосуд (H/D = 1—2)

Вместимость цилиндрического сосуда объеммера устанавливают в зависимости от наибольшей крупности зерен фракции заполнителя по табл. 1.11.

Таблица 1.11

Вместимость цилиндрического сосуда объеммера		
Наибольшая крупность зерен фракции заполнителя, мм	≤20	≥40
Минимальная вместимость сосуда, см ³	5000	10000

Подготовка к испытанию

Перед проведением испытания необходимо провести градуировку прибора — определить постоянную объеммера V_0 .

Для этого в пустой цилиндрический сосуд помещают пригружающий пуансон, устанавливают на сосуд металлическую пластину со стрелкой и наливают воду до тех пор, пока ее поверхность не придет в соприкосновение с острием стрелки, что фиксируют по моменту соприкосновения острия стрелки с его отражением в воде.

Постоянную объеммера V_0 вычисляют по формуле (1.2):

$$V_0 = \frac{m_v}{\rho_v}, \text{ см}^3, \quad (1.2)$$

где m_v — масса влитой воды, г; ρ_v — плотность воды, принимаемая равной 1,0 г/см³.

Проведение испытания

Отбирают навеску бетонной смеси (подразд. 1.3.1). Массу навески $m_{см}$ определяют по формуле (1.3):

$$m_{см} = \rho_{см} \cdot V_{см}, \text{ г}, \quad (1.3)$$

где $\rho_{см}$ — плотность бетонной смеси, г/см³; $V_{см}$ — объем смеси в уплотненном состоянии, принимаемый равным $0,3 \cdot V_{ц}$, см³; $V_{ц}$ — вместимость цилиндрического сосуда, см³.

Навеску бетонной смеси помещают в сосуд объеммера и уплотняют. Затем в объеммер с навеской бетонной смеси наливают взвешенное количество воды объемом в 1,5—2 раза большим, чем объем испытываемой смеси. В течение 2—3 мин тщательно перемешивают бетонную смесь с водой металлическим стержнем. После перемешивания снимают образовавшуюся в сосуде пену и помещают ее в предварительно взвешенный стеклянный стакан вместимостью 100—200 мл. Перемешивание и отбор пены повторяют не менее двух раз с промежутком времени 2—3 мин, после чего устанавливают суммарную массу отобранной пены.

После последнего снятия пены в сосуд опускают пригружающий пуансон, на сосуд накладывают пластину со стрелкой так, чтобы ограничители соприкасались со стенками сосуда. Затем постепенно в объеммер небольшой струей доливают воду до соприкосновения ее поверхности со стрелкой. После этого взвешиванием определяют суммарную массу всей налитой в сосуд воды с погрешностью до 1 г.

Пористость бетонной смеси на плотных заполнителях вычисляют по формуле (1.4):

$$V_B = \frac{V_{CM} + \frac{m_B}{\rho_B} - V_0 - 0,9m_{II}}{V_{CM}} \cdot 100 \%, \quad (1.4)$$

где V_{CM} — объем испытываемой бетонной смеси в уплотненном состоянии, $см^3$; m_B — масса всей влитой воды, г; ρ_B — плотность воды, принимаемая 1,0 г/см³; m_{II} — масса отобранной пены, г; V_0 — постоянная объемомера, $см^3$.

При испытании бетонной смеси на пористых заполнителях перед каждым снятием пены в сосуд опускают пригружающий пуансон для предотвращения всплывания зерен заполнителя. После окончания испытания поднимают пуансон, отбирают из испытанной смеси 20—50 зерен крупного заполнителя, которые обтирают влажной тканью, взвешивают их с погрешностью не более 1 г, высушивают до постоянной массы и вычисляют водопоглощение крупного заполнителя $W_{щ}$ за время от начала приготовления бетонной смеси до окончания испытания по формуле (1.5):

$$W_{щ} = \frac{\Pi_1 - \Pi_2}{\Pi_2} \cdot 100 \%, \quad (1.5)$$

где Π_1 — масса отобранной пробы крупного заполнителя в водонасыщенном состоянии, г; Π_2 — то же, в сухом состоянии, г.

Пористость бетонной смеси вычисляют с округлением до 0,1 % по формуле (1.6):

$$V_B = \frac{V_{CM} + \frac{m_B}{\rho_B} - V_0 - 0,9m_{II} - \frac{nW_{щ}}{100} \cdot \frac{\Pi}{1000} \cdot V_{CM}}{V_{CM}} \cdot 100 \%, \quad (1.6)$$

где V_{CM} — объем испытываемой бетонной смеси в уплотненном состоянии, $см^3$; m_B — масса всей влитой воды, г; ρ_B — плотность воды, принимаемая 1,0 г/см³; V_0 — постоянная объемомера, $см^3$; m_{II} — масса отобранной пены, г; $W_{щ}$ — водопоглощение крупного пористого заполнителя за время от момента приготовления смеси до окончания испытания, % массы; n — коэффициент, равный 0,4 — для пористого гравия и 0,75 — для пористого щебня; Π — содержание крупного пористого заполнителя в номинальном составе бетонной смеси, кг/м³.

Компрессионный метод определения объема вовлеченного воздуха

Приборы и оборудование

- 1) поромер (рис. 1.10), состоящий из следующих основных частей: чаши (1), крышки (2), водомерной трубки со шкалой делений (3), манометра (6), ручного насоса (7), воздушных клапанов, заливного и сливного отверстий;
- 2) воронка для наливания воды в прибор;
- 3) сосуд для воды вместимостью не менее 3000 $см^3$;
- 4) стальная пластина размерами 5 × 20 × 500 мм;
- 5) весы лабораторные;
- 6) виброплощадка лабораторная;
- 7) кельма;
- 8) стальная линейка.

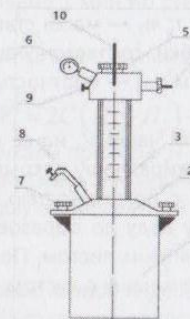


Рис. 1.10. Поромер:
1 — чаша; 2 — крышка;
3 — трубка водомерная со шкалой; 4 — воздушный клапан для подсоединения насоса и сброса избыточного давления; 5 — заливное отверстие с крышкой; 6 — манометр; 7 — зажим; 8 — сливное отверстие с шаровым краном; 9 — воздушный клапан; 10 — ручка

Вместимость чаши поромера принимают в зависимости от наибольшей крупности зерен фракции заполнителя по табл. 1.12.

Таблица 1.12

Вместимость чаши поромера		
Наибольшая крупность зерен фракции заполнителя, мм	≤20	≥40
Минимальная вместимость чаши, $см^3$	2000	8000

Подготовка к испытанию

Перед проведением испытания необходимо провести градуировку поромера: определить цену деления шкалы прибора и вместимость чаши.

Для определения цены деления шкалы прибора наливают воду в чашу поромера, накрывают ее крышкой, затягивают накидные болты, закрывают сливной вентиль и через воронку доливают воду немного выше уровня верхнего (нулевого) деления шкалы. Открыв сливной вентиль, устанавливают уровень воды на нулевом делении. Затем, подставив предварительно взвешенный стакан, открывают сливной вентиль и сливают воду до отметки от 30 до 60 % шкалы водомерной трубки. Взвешивают стакан с водой. Цену деления шкалы прибора C вычисляют по формуле (1.7):

$$C = \frac{m_4 - m_3}{E \cdot V_{\text{ч}} \cdot \rho_{\text{в}}}, \quad (1.7)$$

где m_4 — масса стакана с водой, г; m_3 — масса стакана без воды, г; E — число делений водомерной трубки, соответствующее объему вылитой воды; $V_{\text{ч}}$ — вместимость чаши, см^3 ; $\rho_{\text{в}}$ — плотность воды, принимаемая равной 1,0 г/см.

Для определения вместимости чаши $V_{\text{ч}}$ на ее фланец наносят тонкий слой солидола или другого жира, чашу накрывают стеклянным листом и взвешивают все вместе с погрешностью не более 1 г. Затем снимают лист, наливают в чашу воду до образования выпуклого мениска и вновь накрывают стеклянным листом. После стекания излишков воды чашу обтирают тканью и чашу с листом и водой взвешивают с погрешностью не более 1 г.

Вместимость чаши вычисляют с округлением до 1 см по формуле (1.8):

$$V_{\text{ч}} = \frac{m_2 - m_1}{\rho_{\text{в}}}, \text{ см}^3, \quad (1.8)$$

где m_2 — масса чаши со стеклом и водой, г; m_1 — масса чаши со стеклом без воды, г.

Проведение испытания

Бетонную смесь укладывают в чашу поромера и уплотняют. После уплотнения излишек бетонной смеси срезают стальной линейкой. Затем фланец тщательно очищают от бетонной смеси, устанавливают на чаше крышку прибора, прижимают ее накидными болтами. Сливной вентиль при этом должен быть закрыт. Через воронку заливают в при-

бор воду до отметки (50 ± 30) % шкалы. Затем отклоняют прибор примерно на 30° от вертикали и, используя дно чаши как точку опоры, описывают 10 полных кругов верхним концом прибора, одновременно постукивая рукой по конической крышке для удаления пузырьков воздуха. Далее прибор возвращают в вертикальное положение и доливают через воронку воду до уровня выше нулевой риски шкалы. Если на поверхности воды появляется пена, то ее необходимо ликвидировать путем вливания через воронку от 1 до 3 мл спирта (этилового, метилового или др.). Открыв сливной вентиль, приводят уровень воды к нулевому делению шкалы прибора.

Закрывают входной и сливной вентили и насосом поднимают давление в приборе до (110 ± 5) кПа. Постукивают рукой по стенкам чаши и, когда давление опустится до 100 кПа, отмечают по шкале прибора уровень воды H_1 .

Открыв входной вентиль, уменьшают избыточное давление до нуля, постукивая рукой в течение 1 мин по стенкам чаши, и затем отмечают уровень воды H_2 .

Пористость бетонной смеси $V_{\text{в}}$ вычисляют по формуле (1.9):

$$V_{\text{в}} = 2C(H_1 - H_2) \cdot 100 \%, \quad (1.9)$$

где C — цена деления шкалы прибора; H_1 и H_2 — уровни воды.

Пористость бетонной смеси вычисляют как среднеарифметическое значение результатов двух определений из одной отобранной пробы бетонной смеси.

Расчетный метод определения объема вовлеченного воздуха

Пористость уплотненной бетонной смеси $V_{\text{п}}$ вычисляют по формуле (1.10):

$$V_{\text{п}} = \frac{1000 - \left(\frac{\text{Ц}}{\rho_{\text{ц}}} + \frac{\text{П}}{\rho_{\text{п}}} + \frac{\text{Щ}}{n\rho_{\text{щ}}} + \text{В} + \text{В}_1 \right)}{1000} \cdot 100 \%, \quad (1.10)$$

где Ц, П, Щ, В и V_1 — фактическая масса, кг, соответственно цемента, сухих песка и щебня (гравия), воды и раствора добавок в 1 м^3 (1000 л) уплотненной бетонной смеси; $\rho_{\text{ц}}$ — истинная плотность цемента, кг/л, определяемая по ГОСТ 310.2 или принимаемая равной 3,1 кг/л для портландцемента и его разновидностей и 3,0 кг/л — для шлакопортландцемента; $\rho_{\text{п}}$, $\rho_{\text{щ}}$ — плотность зерен песка и щебня (гравия), кг/л,

определяемая для плотного заполнителя, соответственно, по ГОСТ 8735 и ГОСТ 8269.0, а для пористого заполнителя — по ГОСТ 9758 в цементном тесте; n — коэффициент, учитывающий увеличение средней плотности зерен крупного заполнителя в результате его частичного дробления при перемешивании бетонной смеси в смесителе принудительного действия; $n = 1$ — для плотного заполнителя; $n = 1,05$ — для пористого заполнителя с маркой по прочности П75 и более; $n = 1,1$ — для пористого заполнителя с маркой по прочности менее П75.

Определение объема межзерновых пустот в бетонной смеси

Объем межзерновых пустот, оставшихся в уплотненной бетонной смеси вследствие ее неполного уплотнения или недостаточного содержания растворной составляющей (по сравнению с объемом межзерновых пустот в крупном заполнителе), выражаемый в % к общему объему смеси, определяют экспериментальным способом.

Приборы и оборудование

- 1) цилиндрический сосуд вместимостью 5000 см³;
- 2) противень;
- 3) весы лабораторные;
- 4) кельма;
- 5) виброплощадка лабораторная.

Проведение испытания

Уплотненную бетонную смесь после определения средней плотности выкладывают из цилиндрического сосуда (или формы) на противень, растирают комья, тщательно перемешивают с добавлением 2000 г цемента и 600—800 г воды. После этого определяют среднюю плотность полученной смеси в уплотненном состоянии.

Объем межзерновых пустот в уплотненной бетонной смеси V_n вычисляют по формуле (1.11):

$$V_n = \left(1 - \frac{V_2 - V_{цг}}{V_1} \right) \cdot 100 \%, \quad (1.11)$$

где V_1 — объем бетонной смеси, см³, равный вместимости мерного сосуда или формы, в которой определяли среднюю плотность; V_2 — объем уплотненной бетонной смеси после добавления в нее цемента и воды, вычисляемый по формуле (1.12):

$$V_2 = \frac{m_{см} + m_{ц} + m_{в}}{\rho_{см}}, \text{ см}^3, \quad (1.12)$$

$V_{цг}$ — объем добавленного цементного теста, определяемый по формуле (1.13):

$$V_{цг} = \frac{m_{ц}}{\rho_{ц}} + \frac{m_{в}}{\rho_{в}}, \text{ см}^3, \quad (1.13)$$

где $m_{см}$ — масса испытываемой бетонной смеси (до добавления цемента и воды), г; $m_{ц}$ — масса добавленного цемента, г; $m_{в}$ — масса добавленной воды, г; $\rho_{см}$ — средняя плотность бетонной смеси в уплотненном состоянии после добавления в нее цемента и воды, г/см³; $\rho_{ц}$ — плотность цемента, г/см³; $\rho_{в}$ — плотность воды, г/см³.

Объем межзерновых пустот в уплотненной бетонной смеси вычисляют с округлением до 0,1 % как среднеарифметическое значение результатов двух определений из одной отобранной пробы, отличающихся между собой не более чем на 20 % среднего значения. При большем расхождении результатов определение повторяют на новой пробе.

1.3.5. Определение расслаиваемости бетонной смеси

Расслаиваемость бетонной смеси оценивают показателями растротделения и водоотделения.

Приборы и оборудование

- 1) формы стальные для изготовления контрольных образцов бетона типа ФК-200;
- 2) сосуды металлические цилиндрические, размеры которых принимают в зависимости от наибольшей крупности зерен заполнителя по табл. 1.10;
- 3) виброплощадка лабораторная;
- 4) противень;
- 5) сито с отверстиями диаметром 5 мм;
- 6) электрошкаф сушильный;
- 7) стальной стержень диаметром 16 мм, длиной 600 мм;
- 8) посуда мерная стеклянная;
- 9) стеклянная или стальная пластина;
- 10) пипетка;
- 11) линейка стальная.

Определение раствороотделения бетонной смеси

Раствороотделение бетонной смеси характеризует ее расслаиваемость при динамическом воздействии. Раствороотделение определяют путем сопоставления содержания растворной составляющей в нижнем и верхнем слоях бетонной смеси, уплотненной в мерном сосуде или форме для изготовления контрольных образцов бетона.

Бетонную смесь выкладывают в форму (сосуд) слоями высотой не более 100 мм. Каждый слой уплотняют штыкованием стальным стержнем. Число нажимов стержня рассчитывают из условия, что один нажим приходится на 10 см² верхней открытой поверхности образца, штыкование выполняют равномерно по спирали от краев формы к ее середине.

После этого уплотненную бетонную смесь дополнительно вибрируют на лабораторной виброплощадке в течение следующего времени:

- жесткую смесь марок Ж1—Ж4 — 120 с; СЖ1—СЖ3* — 180 с;
- подвижную смесь марок П1 и П2 — 25 с; П3—П5 — 10 с.

*В соответствии с ГОСТ 7473-94.

После дополнительного вибрирования верхний слой бетонной смеси высотой около половины высоты формы (сосуда) отбирают на предварительно взвешенный противень, а смесь, оставшуюся в нижней части формы, вибрируют до выравнивания поверхности смеси. Затем измеряют высоту слоя смеси H_n , оставшейся в нижней части формы, и вычисляют высоту отобранного слоя смеси H_b . После этого оставшуюся в форме смесь выкладывают на второй взвешенный противень.

Разделенную таким образом на две навески смесь из верхней и нижней частей формы взвешивают и подвергают мокрому рассеиву на сите с отверстиями диаметром 5 мм. При мокром рассеиве каждую навеску смеси, выложенную на сито, промывают струей чистой воды до полного удаления цементно-песчаного раствора с поверхности зерен крупного заполнителя. Промывку смеси считают законченной, когда из сита вытекает чистая вода.

Отмытый крупный заполнитель из каждой навески смеси переносят на чистый противень и высушивают до постоянной массы при температуре $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ и взвешивают.

Массу растворной составляющей в навесках верхней и нижней частей формы с учетом объема отобранной пробы определяют по формулам (1.14), (1.15).

$$m_{PB} = (m_{CMB} - m_{CWB}) \cdot \frac{0,5H}{H_B}, \text{ г}; \quad (1.14)$$

$$m_{PN} = (m_{CMH} - m_{CWN}) \cdot \frac{0,5H}{H_N}, \text{ г}; \quad (1.15)$$

где m_{PB} , m_{PN} — масса растворной составляющей смеси, находившейся в верхней и нижней частях формы, г; m_{CMB} , m_{CMH} — масса бетонной смеси, отобранной из верхней и нижней частей формы, г; m_{CWB} , m_{CWN} — масса высушенного крупного заполнителя, содержащегося в навесках из верхней и нижней частей формы, г; H — высота формы или сосуда, см; H_B , H_N — фактическая высота верхнего и нижнего слоев смеси, см.

Показатель раствороотделения бетонной смеси P_r определяют по формуле (1.16).

$$P_r = \frac{m_{PB} - m_{PN}}{m_{PB} + m_{PN}} \cdot 100 \%, \quad (1.16)$$

где m_{PB} , m_{PN} — то же, что в формулах (1.14) и (1.15).

Определение водоотделения бетонной смеси

Водоотделение бетонной смеси определяют после ее отстаивания в мерном сосуде или форме в течение определенного промежутка времени.

Бетонную смесь укладывают в сосуд (форму), вместимость и размер которого принимают в зависимости от наибольшей крупности зерен фракции заполнителя (табл. 1.10) и уплотняют на виброплощадке в зависимости от удобоукладываемости смеси (подразд. «Определение раствороотделения бетонной смеси»). Уровень бетонной смеси должен быть на (10 ± 5) мм ниже верхнего края сосуда (формы).

Сосуд (форму) накрывают листом паронепроницаемого материала (стекло, стальная пластина и т.п.) и оставляют в покое на 1,5 ч.

Отбирают пипеткой каждые 15 мин отделившуюся воду, собирая ее в стакан с крышкой и взвешивая по окончании испытания.

Водоотделение бетонной смеси P_v , %, характеризуют объемом воды, выделившейся из бетонной смеси за 1,5 ч, отнесенным к объему бетонной смеси в сосуде (форме) и вычисляют по формуле (1.17).

$$P_B = \frac{m_B}{\rho_B + V_{\text{вс}}} \cdot 100 \%, \quad (1.17)$$

где m_B — масса отделившейся воды, г; ρ_B — плотность воды, принимаемая равной 1 г/см³; $V_{\text{вс}}$ — объем уплотненной бетонной смеси, см³.

Расслаиваемость бетонной смеси для тяжелых и легких бетонов (водоотделение и раствоороотделение) не должна превышать значений, приведенных в табл. 1.13, 1.14.

Таблица 1.13

Показатели расслаиваемости бетонной смеси по ГОСТ 7473-94			
Марка по удобоукладываемости	Расслаиваемость бетонной смеси, %, не более		
	Водоотделение	Раствороотделение	
		тяжелых бетонов	легких бетонов
СЖЗ—СЖ1	0,1	2	3
Ж4—Ж1	0,2	3	4
П1—П2	0,4	3	4
ПЗ—П5	0,8	4	6

Таблица 1.14

Показатели расслаиваемости бетонной смеси по ГОСТ 7473-2010			
Марка по удобоукладываемости	Расслаиваемость бетонной смеси, %, не более		
	Водоотделение	Раствороотделение	
		тяжелых и мелкозернистых бетонов	легких бетонов
Ж1—Ж5	0,2	3	4
П1—П2	0,4	3	4
ПЗ—П5 и Р1—Р6*	0,8	4	6

* Марка бетонной смеси по расплыву конуса определяется в соответствии с EN 12350-5: Испытание бетонной смеси — Часть 5: Испытание на расплыв.

1.3.6. Определение температуры бетонной смеси

Приборы и оборудование

Стеклянный термометр ценой деления не более 0,5 °С.

Проведение испытания

Измерение температуры бетонной смеси должно быть начато не позднее чем через 2 мин после отбора пробы (подразд. 1.4). Термометр погружают в бетонную смесь таким образом, чтобы толщина слоя бетонной смеси вокруг него была не менее 75 мм и не менее чем в 3 раза превышала наибольшую крупность зерен фракции заполнителя. Температуру измеряют через 3 мин после погружения термометра в бетонную смесь.

Базовые нормы предусматривают использование бетонной смеси, имеющей температуру не выше 25 °С (СНиП 82-02-95).

1.3.7. Определение сохраняемости свойств бетонной смеси

При необходимости транспортирования на дальние расстояния устанавливают требования к сохраняемости свойств бетонных смесей во времени (удобоукладываемость, воздухововлечение, расслаиваемость). Сохраняемость свойств бетонных смесей повышают применением химических пластифицирующих добавок, а также замедлителей сроков схватывания.

Оценка сохраняемости свойств бетонной смеси заключается в получении и оценке данных об изменении свойств в течение определенного времени.

Приборы и оборудование

Приборы и вспомогательное оборудование используются в соответствии с требованиями соответствующих методов для определения свойств бетонной смеси.

Проведение испытания

Объем порции бетонной смеси, отобранной для испытания, должен быть достаточным для изготовления из нее отдельных проб на каждый срок измерения определяемого свойства бетонной смеси. Условия хранения пробы бетонной смеси от момента ее отбора до момента испытания должны соответствовать температурно-влажностным условиям транспортирования и укладки бетонной смеси. Первое испытание следует выполнять непосредственно после окончания перемешивания смеси, а второе и последующие — через каждые 30 мин до окончания испытания. Для каждого испытания следует использовать отдельную новую пробу бетонной смеси.

1.3.8. Допустимые отклонения заданных значений показателей качества бетонной смеси

При поставке бетонной смеси допустимое отклонение заданных значений средней плотности, расслаиваемости, пористости, температуры и сохраняемости свойств во времени не должно превышать значений, приведенных в табл. 1.15.

Таблица 1.15

Допустимые отклонения заданных значений показателей качества бетонной смеси		
Наименование показателя качества бетонной смеси	Диапазон, в который попадает заданное значение показателя	Допустимое отклонение заданного значения показателя
Средняя плотность, кг/м ³	все значения	±20
Расслаиваемость по водоотделению, %	менее 0,4	+0,1
Расслаиваемость по раствороотделению, %	0,4 и более	+0,2
	менее 4	+0,5
	4 и более	+1,0
Пористость, %	все значения	±1
Температура, °С	все значения	±3
Сохраняемость свойств во времени	не менее 1 ч 30 мин	-10 мин
	от 1 ч 30 мин до 3 ч 00 мин	-20 мин
	более 3 ч 00 мин	-30 мин

2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К БЕТОННЫМ СМЕСЯМ, МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ В СООТВЕТСТВИИ С ЕВРОПЕЙСКИМИ НОРМАМИ

2.1. КЛАССИФИКАЦИЯ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

В соответствии с EN 206-1 бетонные смеси классифицируют по показателям удобоукладываемости (консистенции):

- подвижности (осадке конуса);
- жесткости;
- степени уплотнения;
- растекаемости (расплыву конуса);
- максимальному размеру заполнителей.

К бетонным смесям предъявляются требования по следующим показателям:

- удобоукладываемости (осадке конуса, жесткости, степени уплотнения, распылу конуса); каждую группу подразделяют на классы по удобоукладываемости (табл. 2.3—2.6);
- плотности;
- объему вовлеченного воздуха;
- содержанию цемента и водоцементному отношению;
- максимальной крупности заполнителей;
- температуре.

2.2. МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

2.2.1. Правила отбора проб для проведения испытаний

Отбор проб бетонной смеси для проведения испытаний производят в соответствии с правилами, установленными EN 12350-1 «Испытания бетонной смеси. Часть 1. Изготовление образцов»:

- пробу отбирают из средней части замеса или транспортной емкости;
- при производстве сборных изделий пробу отбирают на посту формирования, при изготовлении товарной бетонной смеси отбор пробы осуществляется у места ее погрузки в автобетоносмеситель, при укладке бетонной смеси в монолитные конструкции — в месте бетонирования;
- выборочная проба состоит из одной или нескольких проб и берется в одном месте бетонного массива;
- объединенная проба состоит из многих выборочных проб (не менее 5), взятых в разных местах бетонного массива;
- объем пробы должен в 1,5 раза превышать объем, необходимый для проведения испытания или изготовления из нее образцов;
- отбор отдельных проб бетонной смеси при разгрузке автобетоносмесителя следует проводить через определенные промежутки времени; нельзя брать пробу в самом начале или самом конце процесса выгрузки бетонной смеси из автобетоносмесителя;
- испытания бетонной смеси или изготовление образцов необходимо осуществлять рядом с местом отбора проб; если требуется транспортировка проб, то бетонную смесь нужно поместить в увлажненные емкости и плотно закрыть крышкой с тем, чтобы при транспортировке защитить пробу от негативных воздействий окружающей среды;
- сроки испытаний или изготовления образцов не должны превышать двух часов со времени затворения бетонной смеси водой;
- время и дата отбора пробы должны быть зафиксированы в журнале.

2.2.2. Определение удобоукладываемости бетонной смеси

Удобоукладываемость бетонной смеси характеризуется показателями подвижности по осадке конуса, жесткости, степени уплотнения и растекаемости (распылу конуса).

TAQI Axborot resurs markazi

№ _____

Определение подвижности бетонной смеси по осадке конуса

Определение подвижности бетонной смеси по осадке конуса производится в соответствии с EN 12350-2 «Испытания бетонной смеси. Часть 2. Определение осадки конуса».

Приборы и оборудование

- 1) стандартный усеченный конус (Абрамса) из оцинкованной стали $d = 100$ мм, $D = 200$ мм, $H = 300$ мм, массой 2 кг (рис. 2.1);
- 2) стальной лист 1000×1000 мм;
- 3) алюминиевый совок $V \sim 0,5$ л;
- 4) штыковка с закругленными краями $D \times L = 16 \times 600$ мм;
- 5) воронка;
- 6) стальная линейка длиной 300 мм;
- 7) кельма.

Подготовка к испытанию

Перед проведением испытания поверхность всех инструментов протирают влажной тканью. Пробу бетонной смеси тщательно перемешивают.

Проведение испытания

Конус с насаженной воронкой устанавливают на металлический лист и заполняют бетонной смесью в три слоя одинаковой высоты. Каждый слой уплотняется отдельно 25 ударами штыковки таким образом, чтобы стержень мог проникнуть в нижележащий слой. Во время проведения испытания конус должен быть плотно прижат к основанию, для этого на упоры конуса наступают ногами и держат до окончания заполнения конуса бетонной смесью. После уплотнения снимают воронку и излишек бетонной смеси срезают вровень с краями конуса, после чего кельмой заглаживают поверхность. Форму осторожно поднимают в вертикальной плоскости в течение 5—10 с и устанавливают рядом с бетонным конусом на металлический лист. На форму укладывают штыковку. Под действием собственного веса бетонный конус начинает оседать. Металлической



Рис. 2.1. Конус (Абрамса) для определения подвижности бетонной смеси

линейкой измеряется расстояние между штыковкой и самой верхней точкой осевшей бетонной смеси.

Испытание проводится два раза. Осадку конуса рассчитывают как среднее арифметическое значение результатов двух испытаний. Класс подвижности бетонной смеси устанавливается в соответствии с табл. 2.1.

Таблица 2.1

Классы бетонной смеси по осадке конуса (slum)	
Класс	ОК, мм
S1	10—40
S2	50—90
S3	100—150
S4	160—210
S5	>220

Определение жесткости бетонной смеси по методу Вебе

Если подвижность бетонной смеси по осадке конуса равна 0, в этом случае устанавливают жесткость бетонной смеси.

Определение жесткости бетонной смеси по методу Вебе проводится в соответствии с EN 12350-3 «Испытания бетонной смеси. Часть 3. Испытание по Вебе».

Приборы и оборудование

- 1) цилиндрический контейнер высотой 20 см, диаметром 24 см;
- 2) воронка;
- 3) стандартный конус;
- 4) прозрачный пластиковый горизонтальный диск диаметром 23 см;
- 5) вибростол, оснащенный вибратором, работающем на частоте 3000 колебаний в минуту и амплитудой вертикальных колебаний около $\pm 0,5$ мм;
- 6) стальная штыковка с округлым концом $D \times L = 16 \times 600$ мм;
- 7) кельма.

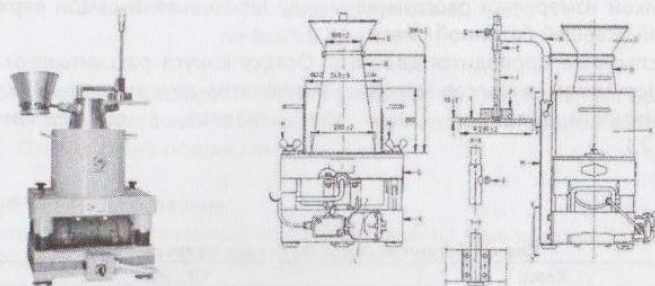


Рис. 2.2. Прибор для определения жесткости бетонной смеси по методу Вебе:
 А — контейнер; В — стандартный конус; С — пластиковый диск; D — загрузочная воронка; Е — направляющая муфта; F — винт; G — вибростол; H — крыльчатые гайки; J — шкала; K — основание; L — вибрирующий элемент; M — штатив; N — поворотный кронштейн; P — вес; Q — винт

Проведение испытания

Конус крепится к внутренней части цилиндрического контейнера (рис. 2.1). Бетонная смесь укладывается в конус в три приема в соответствии с методикой, описанной выше. После уплотнения снимают воронку и излишек бетонной смеси срезают вровень с краями конуса, после чего кельмой заглаживают поверхность. Форму осторожно поднимают в вертикальной плоскости в течение 10 с. Затем включается вибрационный стол и секундомер. Бетонная смесь под действием вибрации и тяжести диска начинает оседать.

В момент, когда бетонная смесь выравнивается и уплотняется в цилиндрическом контейнере, как показано на рис. 2.3, выключают секундомер и вибрационный стол.

Время вибрирования бетонной смеси соотносят со значениями, приведенными в табл. 2.2, и устанавливают класс бетонной смеси по жесткости.

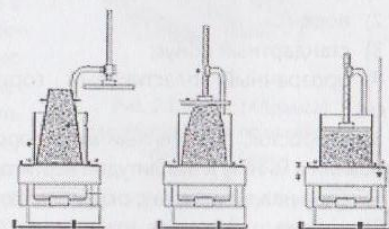


Рис. 2.3. Измерение жесткости бетонной смеси по Вебе

Таблица 2.2

Классы бетонной смеси по жесткости	
Класс	Жесткость по Вебе, с
V0	> 31
VI	30—21
V2	20—11
V3	10—6
V4	5—3

Определение степени уплотнения бетонной смеси

Определение степени уплотнения бетонной смеси проводится в соответствии с EN 12350-4 «Испытания бетонной смеси. Часть 4. Определение степени уплотнения».

Приборы и оборудование

- 1) металлическая емкость размерами 400 × 200 × 200 мм (рис. 2.4);
- 2) вибростол;
- 3) кельма;
- 4) совок;
- 5) стальная линейка;
- 6) секундомер.

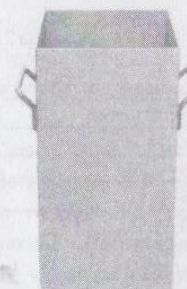


Рис. 2.4. Металлическая емкость для определения степени уплотнения бетонной смеси

Подготовка к испытанию

Перед проведением испытания поверхности всех инструментов должны быть протерты влажной тканью.

Проведение испытания

Бетонную смесь помещают без какого-либо уплотнения кельмой в емкость на уровень немного выше верхнего края емкости. Излишки бетонной смеси аккуратно срезают стальной линейкой вровень с кромкой. Емкость с бетонной смесью устанавливают на вибрационный стол и уплотняют до момента, когда прекращается уменьшение объема бетонной смеси и прекращается выделение пузырьков воздуха на поверхности бетонной смеси. После уплотнения измеряют расстояние от верхнего края емкости до поверх-

ности уплотненной бетонной смеси на каждой из 4 сторон емкости с точностью до 1 мм.

Степень уплотнения бетонной смеси рассчитывают по формуле (2.1):

$$C = \frac{h}{h-s} = \frac{400}{400-s}, \quad (2.1)$$

где h — внутренняя высота емкости, мм; s — среднее арифметическое расстояний от уплотненной поверхности бетонной смеси до верхнего края емкости, мм.

Полученные результаты соотносят со значениями, приведенными в табл. 2.3, и устанавливают подвижность по степени уплотнения.

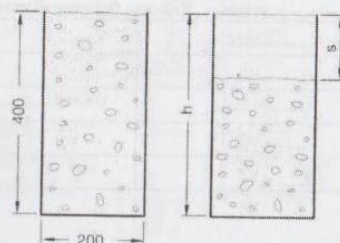


Рис. 2.5. Определение степени уплотнения бетонной смеси

Таблица 2.3

Классы бетонной смеси по степени уплотнения (compaction)	
Класс	Степень уплотнения
C0	>1,46
C1	1,45—1,26
C2	1,25—1,11
C3	1,10—1,04

Определение растекаемости бетонной смеси

Определение растекаемости бетонной смеси по распылу конуса проводится в соответствии с EN 12350-5 «Испытания бетонной смеси. Часть 5. Определение подвижности на встряхивающем столике».

Приборы и оборудование

- 1) стандартный усеченный конус высотой 200 мм; внутренний диаметр нижнего основания — 200 мм, верхнего — 130 мм;
- 2) встряхивающий столик размерами 700 × 700 мм;
- 3) кельма;
- 4) совок;
- 5) стальная линейка;
- 6) деревянный брусок квадратного сечения 40 × 40 мм, длиной 320—350 мм;
- 7) секундомер.

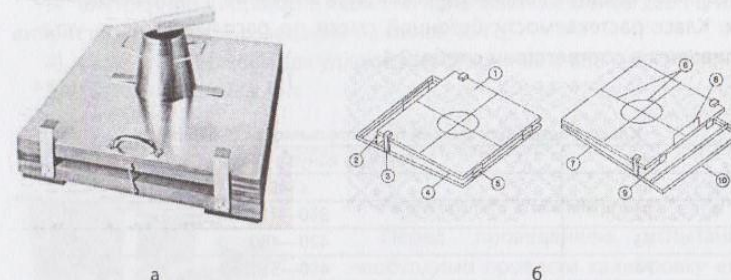


Рис. 2.6. Приборы для определения растекаемости бетонной смеси: а) общий вид; б) схема встряхивающего столика: 1 — металлическая пластина; 2 — высота подъема встряхивания $h = 40$ мм; 3 — ограничитель по высоте; 4 — верхняя плита; 5 — петли для шарнирного соединения верхней и нижней плиты; 6 — маркировка на пластине; 7 — рама; 8 — ручка; 9 — нижний ограничитель; 10 — опора для фиксации стола ногами

Подготовка к испытанию

Перед проведением испытания поверхности всех инструментов должны быть протерты влажной тканью.

Проведение испытания

Встряхивающий стол устанавливают на ровное основание, проверяют горизонтальность его поверхностей. В центре верхней плиты встряхивающего стола выполняют разметку. Конус устанавливают на плиту в соответствии с выполненной разметкой. Конус заполняют в 2 приема с помощью совка. Каждый из слоев уплотняют деревянным бруском. Во время заполнения бетонной смесью конус должен быть плотно прижат к основанию, для этого на лапки конуса наступают ногами и держат до момента окончания заполнения конуса бетонной смесью. Форму наполняют до верхних краев с излишком. Далее при помощи деревянного бруска выравнивают наружную поверхность бетона в форме. Через 30 с после заполнения формы конус аккуратно поднимают в течение 6 с, после чего производят 15 встряхиваний. Под действием собственного веса и динамических воздействий бетонная смесь меняет свою форму и расплзается по поверхности стола. Расплыв конуса измеряют стальной линейкой в двух взаимно перпендикулярных направлениях, параллельных краям встряхивающего столика.

Определяют среднее арифметическое двух значений с округлением до 1 см. Класс растекаемости бетонной смеси по расплыву конуса устанавливается в соответствии с табл. 2.4.

Таблица 2.4

Классы бетонных смесей по растекаемости (flowability)	
Класс	Расплыв конуса, диаметр, мм
F1	≤340
F2	350—410
F3	420—480
F4	490—550
F5	560—620
F6	≥620

Допустимые отклонения для проектных значений по характеристикам удобоукладываемости бетонной смеси представлены в табл. 2.5.

Таблица 2.5

Допустимые отклонения для проектных значений по характеристикам удобоукладываемости бетонной смеси		
Наименование характеристики удобоукладываемости	Номинальное значение	Допуски
Осадка конуса, мм	<40	±10
	50—90	±20
	>100	±30
Жесткость по Вебе, с	≥11	±3
	10—6	±2
	≤5	±1
Степень уплотнения	≥1,26	±0,1
	1,25—1,11	±0,08
	≤1,1	±0,05
Расплыв конуса, мм	все значения	±30

2.2.3. Определение плотности бетонной смеси

Определение плотности бетонной смеси осуществляют в соответствии с EN 12350-6 «Испытания бетонной смеси. Часть 6. Определение плотности».

Приборы и оборудование

- 1) емкость объемом не менее 5 л;
- 2) стеклянная пластина;

3) внутренний вибратор с частотой колебаний не менее 120 Гц или вибростол с частотой колебаний не менее 40 Гц;

4) стальной стержень для уплотнения $D \times L = 26 \times 380$ мм;

5) стальная линейка;

6) кельма;

7) весы с диапазоном измерений от 10 г до 50 кг.



Рис. 2.7. Емкости для определения плотности бетонной смеси

Подготовка к испытанию

Перед проведением испытания необходимо провести калибровку емкости. Для этого на пустую емкость устанавливают стеклянную пластину и взвешивают. Затем емкость заполняют до краев водой, накрывают стеклянной пластиной таким образом, чтобы между пластиной и поверхностью воды не было пузырьков воздуха, и взвешивают. Объем емкости вычисляют по формуле (2.2):

$$V = \frac{M_2 - M_1}{\rho_w}, \text{ м}^3, \quad (2.2)$$

где V — объем емкости, м^3 ; M_1 — масса пустой емкости со стеклянной пластиной, кг; M_2 — масса заполненной водой емкости со стеклянной пластиной, кг; ρ_w — плотность воды, принимаемая 1000 кг/м^3 .

Проведение испытания

Взвешивают пустую емкость и наполняют ее тщательно перемешанной бетонной смесью с избытком. Затем уплотняют на вибростолу или с помощью внутреннего вибратора до тех пор, пока не прекратится уменьшение в объеме бетонной смеси и выделение пузырьков воздуха. После этого стальной линейкой снимают излишки бетонной смеси и вытирают края и наружную поверхность емкости. Взвешивают емкость с бетонной смесью. Плотность бетонной смеси рассчитывают по формуле (2.3):

$$D = \frac{m_2 - m_1}{V}, \text{ кг/м}^3, \quad (2.3)$$

где D — плотность свежеприготовленной бетонной смеси, кг/м^3 ; m_1 — масса пустой емкости, кг; m_2 — масса емкости, заполненной бетонной смесью, кг; V — объем емкости, м^3 .

2.2.4. Определение объема вовлеченного воздуха в бетонной смеси

Определение объема вовлеченного воздуха в бетонной смеси осуществляют в соответствии с EN 12350-7 «Испытания бетонной смеси. Часть 7. Определение объема вовлеченного воздуха методом выравнивания давления».

Существуют два метода испытаний: метод водяного столба и метод измерения давления.

Метод водяного столба

Сущность метода

Герметизированную емкость заполняют водой заданного объема до установленного уровня над образцом уплотненной бетонной смеси и оказывают заданное давление воздуха над водой. Уменьшение объема воздуха в испытываемом образце бетонной смеси измеряют посредством наблюдения за понижением уровня воды.

Приборы и оборудование

- 1) прибор для определения объема вовлеченного воздуха — поромер, состоящий из стальной цилиндрической емкости (объемом не менее 5 л) со сборной крышкой, градуированной стеклянной или металлической трубки, манометра и воздушного насоса (рис. 2.8);
- 2) пластиковая емкость с капельницей для заполнения прибора водой;
- 3) совок для заполнения бетонной смесью;
- 4) стальная линейка;
- 5) виброплощадка с минимальной частотой 40 Гц (2400 циклов в минуту), либо глубинный вибратор с минимальной частотой 120 Гц (7200 циклов в минуту), либо штыковка стальная диаметром 16 мм × 600 мм с закругленными концами.

Подготовка к испытанию

Испытываемый образец бетонной смеси отбирают в соответствии с подразд. 2.2.1. Перед проведением испытания образец перемешивают.

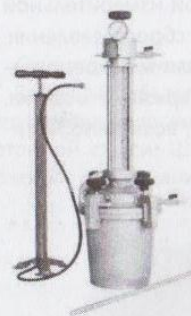


Рис. 2.8. Поромер

Проведение испытания

С помощью совка бетонную смесь помещают в емкость прибора таким образом, чтобы вытеснить максимально возможное количество захваченного воздуха. В зависимости от подвижности смеси и метода уплотнения емкость прибора заполняют в один или несколько слоев. Уплотнение можно проводить с использованием глубинного вибратора, виброплощадки или штыкованием.

При использовании виброуплотнения бетонную смесь вибрируют до момента, когда на поверхности смеси появятся большие пузыри воздуха и сама поверхность покроется цементным молочком.

В случае использования метода штыкования каждый слой уплотняют 25 ударами штыковки. Для удаления полостей захваченного, а не вовлеченного воздуха, после уплотнения каждого слоя слегка постукивают по стенкам емкости деревянным молотком до исчезновения появления крупных пузырьков воздуха на поверхности и устранения углублений, оставленных штыковкой.

После окончания уплотнения стальной линейкой снимают излишки бетонной смеси, сглаживают поверхность стальной лопаткой или мастерком.

Тщательно очищают фланцы емкости и сборной крышки. Закрепляют сборную крышку. Проверяют надежность герметизации между крышкой и емкостью. Оборудование наполняют водой и слегка постукивают по стенкам емкости деревянным молотком для удаления воздуха, прилегающего к внутренней поверхности крышки. Из цилиндрического резервуара сливают воду через малый клапан при открытом выпускном отверстии для воздуха до нулевого уровня. Закрывают выпускное отверстие для воздуха и подают рабочее давление, P , посредством воздушного насоса. Снимают показание со стеклянной измерительной трубки, h_1 , и сбрасывают давление. Снова снимают показание со стеклянной измерительной трубки. Если показание h_2 составляет 0,2 % содержания воздуха или меньше, регистрируют величину $(h_1 - h_2)$ как относительное содержание воздуха, A_1 , с точностью до 0,1 % содержания воздуха. Если h_2 превышает 0,2 % содержания воздуха, снова

оказывают рабочее давление, P , снимая со стеклянной измерительной трубки показание h_3 и итоговое показание h_4 после сброса давления. Если $(h_4 - h_2)$ составляет 0,1 % содержания воздуха или меньше, регистрируют величину $(h_3 - h_4)$ как относительное содержание воздуха. Если $(h_4 - h_2)$ больше, чем 0,1 % содержания воздуха, возможно наличие утечки и испытание не учитывают (рис. 2.9).

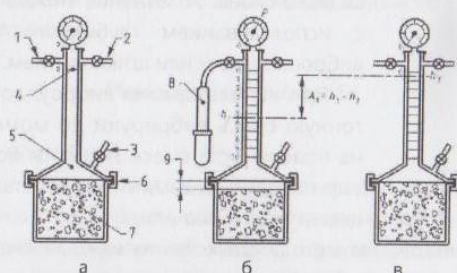


Рис. 2.9. Определение объема вовлеченного воздуха методом водяного столба:
 а — нулевое давление; б — система, функционирующая при давлении P ;
 в — нулевое давление после снятия давления P . 1 — обратный клапан; 2 — выпускное отверстие или клапан для воздуха; 3 — сливной клапан;
 4 — отметка; 5 — вода; 6 — зажим; 7 — бетонная смесь; 8 — воздушный насос;
 9 — пониженный давлением уровень; h_1 — показание при давлении P ;
 h_2 — показание при нулевом давлении после снятия давления P ;
 $h_1 - h_2 = A_1$ — емкость содержит бетонную смесь;
 $h_1 - h_2 = G$ — емкость содержит только заполнитель и воду

Содержание воздуха бетонной смеси в емкости, A_c %, вычисляют по формуле (2.4):

$$A_c = A_1 - G, \% \quad (2.4)$$

где A_1 — относительное содержание воздуха испытываемого образца, %;
 G — поправочный коэффициент заполнителя. Если G не получен путем измерения и не установлен в Национальном приложении, то $G = 0$.

Метод измерения давления

Сущность метода

Заданный объем воздуха при заданном давлении помещают в герметизированную емкость с неизвестным объемом воздуха в образце бетонной смеси. Шкалу на объемомере градуируют, исходя из процентного содержания воздуха для результирующего давления.

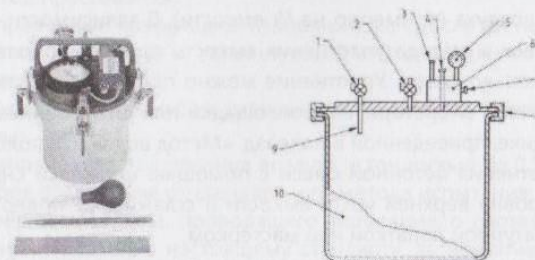


Рис. 2.10. Объемомер

1 — клапан А; 2 — клапан В; 3 — насос; 4 — основной выпускной клапан для воздуха; 5 — манометр; 6 — воздушная камера; 7 — клапан для выпуска воздуха;
 8 — зажимное устройство; 9 — удлинительная трубка для контрольной тарировки; 10 — емкость

Приборы и оборудование

- 1) объемомер, состоящий из стальной цилиндрической емкости, сборной стальной крышки, манометра, воздушного насоса (рис. 2.10);
- 2) виброплощадка с минимальной частотой 40 Гц (2400 циклов в минуту), либо глубинный вибратор с минимальной частотой 120 Гц (7200 циклов в минуту), либо штыковка стальная диаметром 16×600 мм с закругленными концами;
- 3) совok шириной около 100 мм;
- 4) стальная штукатурная лопатка или мастерок;
- 5) емкость для повторного смешивания;
- 6) совковая лопата (для повторного перемешивания);
- 7) впрыскиватель резиновый для впрыскивания воды в емкость через клапан А или клапан В;
- 8) деревянный молоток с мягким бойком.

Подготовка к испытанию

Испытываемый образец бетонной смеси получают в соответствии с подразд. 2.2.1. Перед проведением испытания образец перемешивают.

Проведение испытания

С помощью совка бетонную смесь помещают в емкость прибора таким образом, чтобы вытеснить максимально возможное количество захваченного воздуха (примерно на $\frac{1}{2}$ емкости). В зависимости от подвижности смеси и метода уплотнения емкость прибора заполняют в один или несколько слоев. Уплотнение можно проводить с использованием глубинного вибратора, виброплощадки или штыкованием (аналогично методике, приведенной в подразд. «Метод водяного столба»).

После уплотнения бетонной смеси с помощью штыковки снимают излишек до уровня верхней части емкости и сглаживают поверхность стальной штукатурной лопаткой или мастерком.

Тщательно очищают фланцы емкости и сборной крышки. Закрепляют сборную крышку. Проверяют надежность герметизации между крышкой и емкостью. Закрывают основной выпускной клапан для воздуха и открывают клапаны *A* и *B*. С помощью впрыскивателя через клапан *A* или *B* впрыскивают воду до появления воды из другого клапана. Слегка постукивают оборудование деревянным молотком до вытеснения захваченного воздуха. Закрывают выпускной клапан для воздуха на воздушной камере и накачивают воздух в воздушную камеру до совпадения стрелки манометра с показателем начального давления. Несколько секунд охлаждают сжатый воздух до температуры окружающей среды, после чего стабилизируют стрелку манометра на показателе начального давления посредством дальнейшего накачивания или выпуска воздуха по мере необходимости. На протяжении данного процесса слегка постукивают объемомер. Закрывают клапаны *A* и *B* и открывают основной клапан для воздуха. Резко постукивают по стенкам емкости. В процессе легкого постукивания объемомера снимают установленное показание, которое является относительным процентным содержанием воздуха, A_1 . Открывают клапаны *A* и *B* для того, чтобы сбросить давление перед тем как снимать сборную крышку.

Содержание воздуха испытываемого образца бетонной смеси в емкости, A_c , вычисляют по формуле (2.4).

Протокол испытаний

По окончании испытаний составляется протокол испытаний, который содержит:

- a) наименование испытываемого образца;
- b) место проведения испытания;
- c) дату и время проведения испытания;
- d) измерение подвижности испытываемого образца;
- e) метод прессования;
- f) поправочный коэффициент заполнителя, G , если он не равен 0;
- g) метод испытания и используемый метод (водяного столба или измерения давления);
- h) данные, относящиеся к отдельному испытанию, например отметка высоты;
- i) установленное содержание воздуха, с точностью до 0,1 %;
- j) любое отклонение от стандартного метода испытания;
- k) утверждение лица, проводящего испытание, о соответствии хода проведения испытания настоящему стандарту, за исключением указания пункта j).

Кроме того, протокол испытаний может содержать: температуру образца бетонной смеси после повторного смешивания; наблюдения за испытываемым образцом.

2.3. ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ ЦЕМЕНТА И МАКСИМАЛЬНОЙ КРУПНОСТИ ЗАПОЛНИТЕЛЯ

2.3.1. Содержание цемента и водоцементное отношение

Водоцементное отношение назначается с шагом 0,05, содержание цемента с шагом — 20 кг/м³. Максимально допустимое значение B/C , минимальный расход цемента, а также предельное значение некоторых других параметров бетонной смеси для различных классов сред эксплуатации представлены в табл. 2.6.

Таблица 2.6

Требования к бетонам и бетонным смесям в зависимости от классов сред эксплуатации*

Требования	Классы сред эксплуатации																	Химическая коррозия
	Не-агрессивная среда	Карбонизация				Морская вода			Прочие хлоридные воздействия			Замораживание—оттаивание						
		XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	
Индекс	XO	0,65	0,6	0,55	0,5	0,5	0,45	0,45	0,55	0,5	0,45	0,55	0,55	0,5	0,45	0,55	0,5	0,45
Максимальное В/Ц	—																	
Минимальный класс по прочности**	$\frac{12}{15}$	$\frac{20}{25}$	$\frac{30}{37}$	$\frac{35}{45}$	$\frac{30}{37}$	$\frac{35}{45}$	$\frac{30}{37}$	$\frac{35}{45}$	$\frac{25}{30}$	$\frac{30}{37}$	$\frac{25}{30}$	$\frac{30}{37}$	$\frac{25}{30}$	$\frac{30}{37}$	$\frac{30}{37}$	$\frac{30}{37}$	$\frac{30}{37}$	$\frac{35}{45}$
Минимальный расход цемента кг/м³	—	260	280	300	300	300	320	340	300	300	320	300	300	320	340	300	320	360
Минимальное воздухововлечение, %	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,0	4,0	4,0	—	—	—
Прочие требования	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Заполнитель по EN 12620 с необходимой морозостойкостью			Сульфатостойкий цемент		

Примечания.

* Сведения даны применительно к цементу типа СЕМ I.

** Классы по прочности тяжелого бетона представлены в табл. П.3.1.

2.3.2. Максимальный размер заполнителей

Максимальное номинальное значение крупности заполнителей определяется по EN 12620 и не должно превышать заданного (табл. 2.7).

Таблица 2.7

Заполнитель	Размеры зерен	Общие требования к гранулометрическому составу						Категория G
		Проход через сито, % по массе						
		2D	1,4D	D	d	d/2		
Крупный	$D/d \leq 2$ и $D \leq 11,2$ мм	100	от 98 до 100	от 85 до 99	от 0 до 20	от 0 до 5	G _C 85/20	
		100	от 98 до 100	от 80 до 99	от 0 до 20	от 0 до 5	G _C 80/20	
	$D/d > 2$ и $D > 11,2$ мм	100	от 98 до 100	от 90 до 99	от 0 до 15	от 0 до 5	G _C 90/15	
Мелкий	$D \leq 4$ мм и $d = 0$						G _F 85	
		100	от 95 до 100	от 85 до 99	—	—		

Примечания.

1. Через сито с размером отверстий D должно проходить более 99 % зерен по массе.
2. Отношение D/d должно быть не менее 1,4.
3. При необходимости определения максимального размера заполнителей в бетонной смеси следует пользоваться стандартом EN 933-1.

3. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ И МЕТОДОВ ИСПЫТАНИЙ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ СОГЛАСНО РОССИЙСКИМ И ЕВРОПЕЙСКИМ СТАНДАРТАМ

Российские стандарты	Европейские нормы	Примечания
По удобоукладываемости: осадке конуса, жесткости, степени уплотнения, распылу конуса	По удобоукладываемости: осадке конуса, жесткости, уплотнению смеси, распылу смеси, максимальному размеру заполнителей	ГОСТ 7473 также классифицирует бетонные смеси по типу бетона. ГОСТ 7473 предусматривает сокращенные обозначения бетонных смесей
— удобоукладываемость; — средняя плотность; — пористость (по объему вовлеченного воздуха и объему межзерновых пустот); — раскисляемость; — температура; — сохранение свойств во времени	Технические требования — удобоукладываемость — плотность; — объем вовлеченного воздуха; — содержание цемента и водоцементное отношение; — максимальная крупность заполнителей; — температура	ГОСТ 7473 предъявляет требования по раскисляемости бетонной смеси и сохранению свойств во времени. EN 206-1 предъявляет требования по содержанию цемента и В/Ц и максимальной крупности заполнителей. Согласно EN минимальный расход цемента определяется в зависимости от среды эксплуатации и класса бетона. Базовые нормы расхода цемента установлены СНиП 82-02-95 в зависимости от класса бетона, условий твердения и способов укладки
Правила отбора проб для испытаний	Правила отбора проб для испытаний	Методы схожи
Определение подвижности по осадке конуса	Определение подвижности по осадке конуса	ГОСТ 10181.1 предусматривает определение подвижности с использованием нормального и увеличенного стандартного конуса в зависимости от наибольшей крупности заполнителя
Марки бетонной смеси по осадке конуса: П1...П5	Классы бетонной смеси по осадке конуса: S1...S5	Классификации по классам и маркам схожи
Определение жесткости	Определение жесткости	Методики схожи
по методу Вебе	по методу Вебе	Согласно ГОСТ 10181.1 данный метод предусматривает использование диска с отверстиями. Согласно EN 12350-3 используется диск пластмассовый прозрачный (без отверстий)
Марки жесткости по Вебе: от 5 с (Ж1) до ≥ 50 с (Ж5)	Классы жесткости по Вебе: от 3 с (V4) до ≥ 31 с (V0)	По ГОСТ 7473 — min время вибрирования — 5 с, max — 50 с. По EN 206-1 — min время вибрирования — 3 с, max — 31 с
Определение жесткости по методу Красного	—	EN не предусматривают определение жесткости по этому методу
Определение жесткости по методу Скрамтава	—	EN не предусматривают определение жесткости по этому методу
Определение степени уплотнения бетонной смеси	Определение степени уплотнения бетонной смеси	Методики одинаковые
Марки по степени уплотнения: от $>1,45$ (ЖУ1) до $< 1,04$ (ЖУ5)	Классы по степени уплотнения: от $>1,45$ (C0) до 1,04 (C3)	ГОСТ 7473 подразделяет бетонные смеси на 5 марок по степени уплотнения; EN 206-1 — на 4 марки
Определение распыла конуса бетонной смеси	Определение распыла конуса бетонной смеси	В соответствии с ГОСТ 7473-94 распыл конуса определяется на стандартном конусе ($H = 300$ мм, $d = 100$ мм, $D = 200$ мм) без встряхивания. Согласно EN 12350-5 распыл конуса определяется на конусе ($H = 200$ мм, $d = 130$ мм, $D = 200$ мм) на встряхивающем столике
Марки по распылу конуса: Р1...Р6	Классы по распылу конуса: F1...F6	Классификации бетонных смесей по распылу конуса согласно ГОСТ 7473-2010 и EN 206-1 совпадают
Определение средней плотности бетонной смеси — $\rho_{см}$	Определение плотности бетонной смеси — D	Методики схожи

Определение пористости бетонной смеси: 1) определение объема вовлеченного воздуха: — объемный метод — компрессионный метод — Объем вовлеченного воздуха определяют экспериментальным и расчетным методами. 2) определение объема межзерновых пустот (для бетонов на пористых заполнителях)	Определение объема вовлеченного воздуха: — метод водяного столба; — метод измерения давления	Согласно ГОСТ 10181.3 пористость бетонной смеси оценивают по показателям объема вовлеченного воздуха и объемом межзерновых пустот. ГОСТ также предусматривает расчетный метод определения объема вовлеченного воздуха и объема межзерновых пустот. EN 12350-7 предусматривает определение объема вовлеченного воздуха только экспериментальными методами. Компрессионный метод (по ГОСТ) схож с методом водяного столба (по EN) для определения объема вовлеченного воздуха в бетон на плотных заполнителях. Объемный метод (ГОСТ) предусматривает определение объема вовлеченного воздуха в бетон, как на плотных, так и на пористых заполнителях
Расслаиваемость бетонной смеси по — расщепу — водоотделению	—	Отсутствуют специальные EN по определению расслаиваемости бетонной смеси
Сохраняемость бетонной смеси во времени	—	Отсутствуют специальные EN по определению сохраняемости бетонной смеси во времени

Приложение 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БАЗОВОГО РАСХОДА ЦЕМЕНТА В СООТВЕТСТВИИ С РОССИЙСКИМИ СТАНДАРТАМИ

Бетонная смесь обладает необходимой удобоукладываемостью только при содержании в ней нужного количества цемента. Уменьшение расхода цемента ниже определенных (базовых) величин повышает опасность расслоения бетонной смеси и может привести к появлению в ней микропустот и снижению прочности и долговечности бетона. Минимальный расход цемента зависит от ряда факторов: консистенции бетонной смеси, крупности заполнителей, вида цемента, проектного класса бетона, условий твердения, типа конструкции, способа ее уплотнения и др.

Базовые нормы расхода цемента установлены соответствующими строительными нормами и правилами. Так, в соответствии со СНиП 82-02-95 базовый расход цемента для тяжелых бетонов, используемых при производстве *сборных изделий*, установлен в пределах 180—570 кг/м³ в зависимости от класса бетона и условий твердения (табл. П.1.1.1).

Таблица П.1.1

Базовые нормы расхода цемента для тяжелого бетона сборных конструкций

Класс бетона по прочности на сжатие	Базовые нормы расхода цемента марки 400, кг/м ³ , для тяжелого бетона при твердении	
	в естественных условиях	в условиях тепловой обработки
B7,5	180	240
B10	200	260
B12,5	225	285
B15	225	315
B20	305	380
B22,5	335	420
B25	365	450
B30	415	520
B35	480	570
B40	550	—

Расход цемента для бетонов *монолитных конструкций* составляет 180—440 кг/м³ в зависимости от класса бетона (табл. П.1.2).

Таблица П.1.2

Базовые нормы расхода цемента для тяжелого бетона монолитных конструкций	
Класс бетона по прочности на сжатие	Базовые нормы расхода цемента марки 400 для монолитных конструкций, кг/м ³
B7,5	180
B10	200
B12,5	225
B15	260
B20	320
B22,5	350
B25	380
B30	440

Примечание. Базовые нормы расхода цемента приведены для бетонов, изготовленных на портландцементе марки 400 и его разновидностях. При применении цемента марки 500 базовые нормы следует умножать на коэффициент 0,88, при применении цемента марки 300 — на коэффициент 1,13. При использовании шлакопортландцемента и сульфатостойкого шлакопортландцемента базовые значения умножают на коэффициент 1,1. При применении пуццоланового портландцемента базовые нормы расхода цемента умножают на коэффициенты: для бетонов проектного класса до B22,5 включительно — 1,08 и для бетонов проектных классов B25–B30 — 1,15.

Базовыми нормами для тяжелого бетона *сборных конструкций* предусмотрено применение заполнителей с наибольшей крупностью 20 мм. При применении заполнителей с другой наибольшей крупностью зерен следует применять коэффициенты, указанные в табл. П.1.3.

Таблица П.1.3

Коэффициенты заполнителей крупностью зерен 10, 40, 70 мм		
Наибольшая крупность зерен заполнителя, мм	Коэффициент для классов бетонов по прочности на сжатие	
	до B25 включительно	B30 и выше
10	1,1	1,07
40	0,93	0,95
70	0,9	0,92

Базовыми нормами для тяжелого бетона *монолитных конструкций* предусмотрено применение заполнителей с наибольшей крупностью 40 мм. При применении заполнителей с другой наибольшей крупностью зерен табличные нормы следует умножать на коэффициенты, указанные в табл. П.1.4.

Таблица П.1.4

Коэффициенты заполнителей крупностью зерен 20,70 мм		
Наибольшая крупность зерен заполнителя, мм	Коэффициент для бетонов классов	
	до B25 включительно	B30 и выше
20	1,08	1,05
70	0,97	0,97

Для *легких бетонов* нормы расхода цемента зависят от вида заполнителя, класса бетона по прочности, марки бетона по средней плотности (табл. П.1.5).

Таблица П.1.5

Базовые нормы расхода цемента для легкого бетона					
Марка бетона по средней плотности	Базовые нормы расхода цемента марки 400, кг/м ³ , для конструктивно-теплоизоляционного бетона на щебне/гравии в зависимости от проектного класса бетона				
	B2	B2,5	B3,5	B5	B7,5
D600	—/230	—/240	—	—	—
D700	—/220	—/230	—/240	—	—
D800	250/210	—/220	—/230	—/240	—
D900	230/—	240/210	260/220	—/230	—/270
D1000	220/—	230/—	245/210	275/220	—/250
D1100	210/—	220/—	235/—	260/210	320/240
D1200	—	215/—	225/—	245/—	310/225
D1300	—	—	220/—	240/—	275/215
D1400	—	—	215/—	230/—	260/—
D1500	—	—	210/—	225/—	245/—
D1600	—	—	—	210/—	240/—

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ В СООТВЕТСТВИИ С РОССИЙСКИМИ СТАНДАРТАМИ

В табл. П.2.1—П.2.4. приведена продолжительность перемешивания бетонных смесей на плотных и пористых заполнителях.

Таблица П.2.1

Продолжительность перемешивания бетонных смесей на плотных заполнителях по ГОСТ 7473-94

Вместимость смесителя, л	Продолжительность перемешивания, с, не менее				в смесителях принуд. действия для смесей всех марок
	в гравитационных смесителях для смесей марок по удобоукладываемости				
	Ж1 и П1	П2	П3—П5		
менее 750	90	75	60	50	
750—1500	120	105	90	50	
более 1500	150	135	120	50	

Таблица П.2.2

Продолжительность перемешивания бетонных смесей на плотных заполнителях по ГОСТ 7473-2010

Вместимость смесителя, л	Продолжительность перемешивания, с, не менее				
	в гравитационных смесителях для смесей марок по удобоукладываемости		в смесителях принудительного действия для смесей всех марок по удобоукладываемости при В/Ц		
	Ж1 и П1	П2	П3—П5	менее 0,3	более 0,4
менее 750	90	75	60	80	60
750—1500	120	105	90	100	70
более 1500	150	135	120	120	80

Таблица П.2.3

Продолжительность перемешивания бетонных смесей легких бетонов на пористых заполнителях в смесителях принудительного действия по ГОСТ 7473-94*

Объем готового замеса бетонной смеси, л	Продолжительность перемешивания, с, при средней плотности бетона, кг/м ³			
	1000 и менее	1000—400	1400—600	1600 и более
менее 750	180	150	120	105
750—1500	210	180	150	120
более 1500	240	210	180	135

* Примечания.

- продолжительность перемешивания приведена для смесей на пористых заполнителях марки П1;
- для смесей марок П2, П3, П4 и П5 продолжительность перемешивания уменьшают на 15, 30, 45 и 50 с соответственно;
- для смесей марок Ж1, Ж2, Ж3 и Ж4 продолжительность перемешивания увеличивают на 15, 30, 45 и 60 с соответственно;
- продолжительность перемешивания в гравитационных смесителях для легких бетонов, принимают по табл. П.2.1.

** Примечания.

- продолжительность перемешивания приведена для смесей на пористых заполнителях марки П1;
- для смесей марок П2, П3, П4, П5 продолжительность перемешивания уменьшают на 15, 30, 45 и 60 с соответственно;
- для смесей марок Ж1, Ж2, Ж3, Ж4, Ж5 продолжительность перемешивания увеличивают на 15, 30, 45, 60 и 75 с соответственно;
- для смесей марок Р1, Р2, Р3, Р4 продолжительность перемешивания увеличивают на 5, 10, 15 и 20 с соответственно;
- продолжительность перемешивания бетонных смесей легких бетонов на пористых заполнителях в гравитационных смесителях принимают по табл. П.2.2.

Таблица П.2.4

Продолжительность перемешивания бетонных смесей легких бетонов на пористых заполнителях в смесителях принудительного действия по ГОСТ 7473-2010**

Вместимость смесителя, л	Продолжительность перемешивания, с, не менее, при средней плотности бетона, кг/м ³			
	менее 1000	1000—1400	1401—1600	более 1600
менее 750	180	150	120	115
750—1500	210	180	150	120
более 1500	240	210	180	135

Приложение 3

КЛАССЫ БЕТОНА ПО ПРОЧНОСТИ В СООТВЕТСТВИИ С ЕВРОПЕЙСКИМИ СТАНДАРТАМИ

Таблица П.3.1

Классы по прочности тяжелого бетона		
Класс бетона	Прочность, МПа	
	цилиндры	кубы
C 8/10	8	10
C 12/15	12	15
C 16/20	16	20
C 20/25	20	25
C 25/30	25	30
C 30/37	30	37
C 35/45	35	45
C 40/50	40	50
C 45/55	45	55
C 50/60	50	60
C 55/67	55	67
C 60/75	60	75
C 70/85	70	85
C 80/95	80	95
C 90/105	90	105
C 100/115	100	115

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Болотских О.Н. Европейские методы физико-механических испытаний бетона. Харьков, 2010. 144 с.
2. Leeman and F. Winnefeld. The Effect of Viscosity Modifying Agents on Mortar and Concrete. Cement and Concrete Composites. Vol. 29. No. 5. May 2007. Pp. 341—349.
3. Patzák and Z. Bittnar. Modeling of Fresh Concrete. Vol. 87. 2009. Pp. 962—969.
4. F.C. Ferraris, F. de Larrard and N. Martys. Fresh Concrete Rheology: Recent Developments. Materials Science of Concrete VI. Westerville. 2001. Pp. 215—241.
5. Concrete manual, September 1, 2003, Ref. 5-694-500. Concrete tests, 22 p.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Ссылочные нормативно-технические документы.....	3
Термины и определения.....	4
1. Технические требования, предъявляемые к бетонным смесям.	
Методы испытаний в соответствии с российскими стандартами.....	6
1.1. Классификация и условное обозначение бетонных смесей.....	6
1.2. Технические требования, предъявляемые к бетонным смесям....	7
1.3. Методы испытаний бетонных смесей.....	8
1.3.1. Правила отбора проб для проведения испытаний.....	8
1.3.2. Определение удобоукладываемости бетонной смеси.....	9
1.3.3. Определение средней плотности бетонной смеси.....	18
1.3.4. Определение пористости бетонной смеси.....	19
1.3.5. Определение расслаиваемости бетонной смеси.....	27
1.3.6. Определение температуры бетонной смеси.....	30
1.3.7. Определение сохраняемости свойств бетонной смеси.....	31
1.3.8. Допустимые отклонения заданных значений показателей качества бетонной смеси.....	31
2. Технические требования, предъявляемые к бетонным смесям.	
Методы испытаний в соответствии с европейскими нормами.....	32
2.1. Классификация бетонных смесей. Технические требования.....	32
2.2. Методы испытаний бетонных смесей.....	33
2.2.1. Правила отбора проб для проведения испытаний.....	33
2.2.2. Определение удобоукладываемости бетонной смеси.....	33
2.2.3. Определение плотности бетонной смеси.....	40
2.2.4. Определение объема вовлеченного воздуха в бетонной смеси.....	42
2.3. Требования к содержанию цемента и максимальной крупности заполнителя.....	47
2.3.1. Содержание цемента и водоцементное отношение.....	47
2.3.2. Максимальный размер заполнителей.....	49
3. Сравнительный анализ технических требований и методов ис- пытаний бетонных смесей согласно российским и европейским стандартам.....	50
Приложение 1.....	53
Приложение 2.....	56
Приложение 3.....	58
Библиографический список.....	58

Учебное издание

Ляпидевская Ольга Борисовна,
Безуглова Екатерина Андреевна

**БЕТОННЫЕ СМЕСИ. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ.
МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ.
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТРОИТЕЛЬНЫХ НОРМ**

Учебное пособие

Редактор *Е.Д. Нефедова*
Компьютерная правка и верстка *Н.В. Макаровой*
Дизайн обложки *Т.В. Сергиной*

Подписано в печать 29.04.2013 г. Формат 60×84 1/16. Печать офсетная.
И-109. Усл.-печ. л. 3,5. Уч.-изд. 2,4. Тираж 300 экз. Заказ № 135

ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет».

Издательство МИСИ – МГСУ.

Тел. (495) 287-49-14, вн. 13-71, (499) 188-29-75, (499) 183-97-95,

e-mail: ric@mgsu.ru, rio@mgsu.ru

Отпечатано в типографии Издательства МИСИ – МГСУ.

Тел. (499) 183-91-90, (499) 183-67-92, (499) 183-91-44

129337, г. Москва, Ярославское ш., д. 26

КПНЦ

Некоммерческое партнерство «Кузбасский проектно-научный центр», образованное в марте 2008 г., является саморегулируемой организацией, основанной на членстве лиц, осуществляющих подготовку проектной документации.

В настоящее время в состав НП «СРО «Кузбасский ПНЦ» входят более 140 организаций Кемеровской, Новосибирской и Сахалинской областей, специализирующихся на проектировании комплексов объектов промышленного назначения, включая угольную, горнорудную, металлургическую и химическую промышленность, а также объектов жилищного и гражданского строительства.

Члены партнерства постоянно информируются обо всех изменениях в сфере технического регулирования. Создан фонд справочной литературы по европейским нормам проектирования (Еврокодам), воспользоваться которым может любой член партнерства. В ближайших планах развития — организация обучения и переподготовки в области Еврокодов специалистов проектных организаций, являющихся членами СРО.

В перспективе планируется создание собственного испытательного центра с лабораториями разрушающего и неразрушающего контроля качества строительных материалов и испытания строительных конструкций.

ISBN 978-5-7264-0734-0



9 785726 407340