

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-
СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра технологии строительных материалов, изделий и конструкций

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к практическим занятиям по дисциплине

«Научные основы технологии производства цементных бетонов и изделий из них»

для студентов, обучающихся по программе академической
магистратуры

«Инновационные технологии высокопрочных
и высокофункциональных бетонов»



Казань
2016

УДК 666.982

ББК 38.33

М80

М80 Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Научные основы технологии производства цементных бетонов и изделий из них» для студентов, обучающихся по программе академической магистратуры «Инновационные технологии высокопрочных и высоко-функциональных бетонов» / Сост.: Н.Н. Морозова, Л.И. Потапова. – Казань: Изд-во Казанск. гос. архитектур.-строит. ун-та, 2016. – 22 с.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Казанского государственного архитектурно-строительного университета

Методические указания для практических работ дополняют теоретический курс дисциплины «Научные основы технологии производства цементных бетонов и изделий из них» и являются важной составной частью профессиональной подготовки магистров по направлению 08.04.01 «Строительство» и программе «Инновационные технологии высокопрочных и высокофункциональных бетонов».

Указания позволяют обучающимся получать более полные представления о физико-химических процессах при производстве и твердении вяжущих веществ и бетонов на их основе, способствуют приобретению самостоятельных навыков в выборе методов и форм изучения отдельных технологических приемов с целью совершенствования технологии изготовления железобетонных изделий, улучшения их качества и эффективности применения.

По содержанию методические указания имеют исследовательский характер с использованием как известных стандартных и современных нестандартных методов оценок свойств веществ.

Табл. 2; рис. 6; библиогр. 11 наименов.

Рецензент

Кандидат технических наук, начальник цеха малых архитектурных форм ООО «Казанский ДСК»

Г.А. Фатыхов

© Казанский государственный архитектурно-строительный университет, 2016

© Морозова Н.Н.,
Потапова Л.И., 2016

Содержание

Введение.....	4
1. Практическая работа № 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОПОТРЕБНОСТИ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ.....	5
2. Практическая работа № 2. РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИСПЕРСНЫХ КОМПОНЕНТОВ БЕТОНА.....	8
3. Практическая работа № 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОННОЙ СМЕСИ.....	13
Список использованных источников.....	21

Введение

Главный конструкционный строительный материал современности – это цементный бетон. Он постоянно совершенствуется по составу, свойствам и технологиям. Новые достижения в области технологии бетона ознаменованы эффективными вяжущими – высококачественными цементами, в частности цементами низкой водопотребности; модификаторами для вяжущих и бетонов, например, поликарбоксилатами, нанокремнезольями и алюмосольями; активными минеральными добавками и наполнителями, к числу которых относятся микрокремнезем, белая сажа, метакаолин и др.; армирующими волокнами (базальтовые, полипропиленовая, стеклянная и т.п.); новыми технологическими приемами и методами получения строительных композитов.

При всем многообразии и сложности технологического процесса производства высококачественных высокопрочных бетонов одной из важных технологических задач является оценка и осознанное влияние на реологию бетонных смесей. Необходимость изучения реотехнологических свойств бетонных смесей и их закономерное влияние на механические показатели бетонов обусловлена тем, что сочетание модифицирующих добавок, а при необходимости совмещение их с другими материалами, позволяют управлять всеми свойствами бетонных смесей и модифицировать структуру бетона на микроуровне так, чтобы придать бетону свойства, обеспечивающие высокую эксплуатационную надежность конструкций.

Для получения высококачественных бетонов необходимо знать их свойства и факторы, определяющие эти свойства. Поэтому на соответствующие темы в данном методическом указании приведены темы занятий, посвященные оценке качества заполнителей для высокопрочных и высококачественных бетонов (расчет водопотребности мелкого заполнителя от его модуля крупности и удельной поверхности), определение реологических и технологических характеристик бетонной смеси, что позволяет успешно управлять технологией и качеством бетона.

Практическая работа № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОПОТРЕБНОСТИ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ

Водопотребность заполнителя оценивается расходом воды затворения необходимой для смачивания поверхности заполнителя и его открытых пор в бетонной смеси, что влияет на технологические характеристики. Так, например, кварцевый песок с плотными зернами обладает значительной водопотребностью, тем более пористые заполнители.

Метод определения водопотребности заполнителей, предложенный Б.Г. Скрамтаевым и Ю.М. Баженовым, основан на подборе смесей одинаковой подвижности с испытываемым заполнителем и без него [1].

Цель работы. Освоить методику определения водопотребности заполнителей для бетона и изучить ее изменения от вида и фракционного состава заполнителей.

А. Определение водопотребности мелкого заполнителя

Для определения водопотребности мелкого заполнителя (песка) готовят цементно-песчаный раствор состава 1:2 (по массе). Берут 300 г цемента с известной нормальной плотностью теста, 600 г испытываемого песка и смешивают их в чаше со сферическим дном. Затем добавляют воду до тех пор, пока расплыв конуса на встряхивающем столике по ГОСТ 310.4–81 не окажется таким же, как расплыв цементного теста нормальной плотности без песка (170 мм).

Водопотребность песка $V_{п}$ вычисляют по формуле:

$$V_{п} = \frac{V/Ц - НГ}{2} \times 100(\%), \quad (1)$$

где $V/Ц$ – водоцементное отношение цементно-песчаного раствора при расплыве конуса 170 мм; $НГ$ – нормальная плотность цементного теста в долях единицы; 2 – число частей заполнителя, приходящихся на 1 часть цемента в приготовленном растворе.

Известные значения водопотребности крупного песка составляет 4-6%, среднего – 6-8%, мелкого – 8-10%, очень мелкого – более 10%.

Для установления зависимости водопотребности песков от их пустотности, выполняют расчет. Пустотность (объем межзерновых пустот) песка в стандартном неуплотненном состоянии определяют на основании значений истинной плотности и насыпной плотности песка.

Пустотность песка ($\Pi_{м.п}$) в процентах по объему вычисляют по формуле:

$$\Pi_{м.п} = \left(1 - \frac{\rho_n}{\rho_u}\right) \cdot 100, \%, \quad (2)$$

где ρ_n и ρ_u – насыпная и истинная плотности песка, соответственно, кг/м³.

Б. Определение водопотребности крупного заполнителя

Аналогично мелкому заполнителю определяют водопотребность крупного заполнителя. В этом случае подвижность бетонной смеси подбирают такую же, как подвижность растворной смеси.

Для определения водопотребности крупного заполнителя готовят бетонную смесь состава 1:2:3,5 (по массе). Добавляют воду до тех пор, пока подвижность бетонной смеси, определяемая по ГОСТ 10181–2014, не окажется такой же, как подвижность цементно-песчаного раствора.

Водопотребность крупного заполнителя (щебня) $V_{п}$ вычисляют по формуле:

$$V_{п} = \frac{(В/Ц)_б - (В/Ц)_р}{3,5}, \%, \quad (3)$$

где $(В/Ц)_б$ – водоцементное отношение бетонной смеси; $(В/Ц)_р$ – водоцементное отношение цементно-песчаного раствора без крупного заполнителя; 3,5 – число частей крупного заполнителя, приходящихся на 1 часть цемента в приготовленной бетонной смеси.

Далее определяют пустотность щебня (гравия) по методике для песка (формула 2).

Результаты исследований сводятся в табличную форму.

По результатам исследований бригады студентов классифицируют изучаемые пески по крупности и делают заключение о возможности их использования в качестве мелкого заполнителя для приготовления тяжелого бетона различного назначения или мелкозернистого. При этом следует

учитывать данные по зерновому составу, модулю крупности и насыпной плотности и их соответствия техническим требованиям. Строится и анализируется всей подгруппой студентов графическая зависимость водопотребности песка от его удельной поверхности. Отмечаются пески с наименьшими показателями пустотности и водопотребности.

Контрольные вопросы по работе

1. Какие технические требования предъявляются крупному и мелкому заполнителю для бетонов?
2. Что характеризует модуль крупности песка?
3. Как определяют частные и полные остатки, модуль крупности песка?
4. Почему мелкий заполнитель для бетона должен иметь определенный зерновой состав?
5. Почему ограничивается содержание пылевидных и глинистых примесей в песке, применяемом для получения бетона?
6. Какую роль играют заполнители в бетоне?
7. По каким характеристикам устанавливают пригодность песков в качестве мелкого заполнителя для получения тяжелого бетона?
8. По каким показателям можно подсчитать пустотность песка?
9. Как может измениться расход цемента в составе бетона при замене песка с водопотребностью 8% на песок с водопотребностью 6%?
10. На какие фракции подразделяют крупный заполнитель?
11. Чем характеризуют зерновой состав щебня (гравия)?
12. С чем связаны ограничения по зерновому составу крупного заполнителя для тяжелых бетонов?
13. К чему приводит наличие глины в комках в щебне?
14. Какая форма зерен щебня предпочтительней для качественного заполнителя?
15. Опишите метод оценки водопотребности мелкого и крупного заполнителей.

16. Как подсчитать водопотребность песка (щебня)?

17. Решите задачу. Насыпная плотность сухого песка 1450 кг/м³. Подсчитать насыпную плотность песка при увлажнении его до 5 и 25%, если известно, что при $W = 5\%$ объем песка на 25% больше, а при $W = 25\%$ – на 5% меньше по сравнению с сухим.

18. Как вычисляется модуль крупности песка?

Практическая работа № 2

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИСПЕРСНЫХ КОМПОНЕНТОВ БЕТОНА

Реология (от греч. rheo – течь) – наука о деформациях и текучести веществ. К основным реологическим характеристикам относятся: вязкость, предельное напряжение сдвига, тиксотропия.

Вязкость – внутреннее трение жидкости, препятствующее перемещению одного ее слоя относительно другого. Единица вязкости Па·с.

Предельное напряжение сдвига – значение внутренних напряжений в пластично-вязком материале, при котором он начинает необратимо деформироваться (течь), т.е. превращаться в вязкую жидкость. Этот показатель у строительных смесей также называют структурной прочностью.

Тиксотропия – способность некоторых дисперсных систем обратимо разжижаться при достаточно интенсивных механических воздействиях (перемешивании, встряхивании) и отвердевать (терять текучесть) при пребывании в покое.

Реология бетонных смесей, как и других структурированных материалов, связана с технологическими данными цементного завода. В этой связи оценка реологических свойств смесей необходима в технологическом процессе производства строительных конструкций, особенно в процессе структурообразования.

К факторам, влияющим на реологические и технологические характеристики бетонных и растворных смесей, относят гранулометрию и

форму частиц заполнителя; характер динамического воздействия на смесь; режим движения частиц, степень проявления тиксотропных свойств; время, температура и другие параметры [2;3].

Основная технологическая характеристика бетонных и растворных смесей – это удобоукладываемость. Факторы, влияющие на удобоукладываемость этих смеси, можно разделить на *внутренние и внешние* [2].

К *внутренним* относятся: текучесть цементного теста; вид заполнителя и отношение объема цементного теста к объему заполнителя. Текучесть цементного теста определяется В/Ц, видом цемента (в частности, его удельной поверхностью, содержанием C_3A , содержанием гипса, содержанием щелочей), видом и количеством химических и минеральных добавок [4; 5]. Вид заполнителя определяется наибольшим размером зернового состава, содержанием мелких частиц (<300 мкм), пористостью.

К *внешним* факторам относятся условия перемешивания, температура смеси и время выдержки от момента затворения (зависит от наличия ускоряющих или замедляющих добавок).

Пластификаторы – добавки, разжижающие минеральные воднодисперсные системы и повышающие удобоукладываемость и пластичность смесей. Эти добавки могут быть использованы для достижения различных целей [4; 6]:

– увеличения прочности, так как использование пластификаторов позволяет снизить расход воды (без снижения удобоукладываемости), уменьшить В/Ц, а следовательно, получить более высокую прочность и долговечность;

– экономии цемента, так как при одновременном снижении расхода цемента и воды (при неизменном В/Ц) получают те же значения прочности и удобоукладываемости и более низкую усадку и тепловыделение;

– улучшения удобоукладываемости, так как применение пластифицирующих добавок без изменения состава бетона увеличивает подвижность бетонной смеси, не изменяя его прочности и долговечности.

Пластифицирующий эффект и водоредуцирующее действие химических добавок пластификаторов, супер- и гиперпластификаторов оценивались по

методике, разработанной на кафедре ТБКиВ Пензенского ГУАС [7] и книги проф. В.И. Калашникова Для определения этого использовали видоизмененный вискозиметр Суттарда, который представляет собой стальной цилиндр из нержавеющей стали с внутренним диаметром 25 мм и высотой 60 мм. Изменение водопотребности и подвижности оценивали по величине расплыва на границе гравитационной растекаемости. Предельное напряжение сдвига при этом определяли по формуле:

$$\tau_0 = \frac{hd^2\rho g}{kD^2}, \quad (4)$$

где τ_0 – предельное напряжение сдвига суспензии, Па; h и d – соответственно, высота и диаметр вискозиметра, м; ρ – плотность суспензии, кг/м³; g – ускорение силы тяжести, м/с²; k – коэффициент, учитывающий перераспределение напряжений в вязкопластичных телах, равный 2; D – диаметр расплыва суспензии, м.

Для вискозиметра с указанными размерами расплыв на границе гравитационной растекаемости равен 70÷80 мм, что соответствует $\tau_0 = 70 \div 80$ Па.

Методика заключается в следующем. Под стекло размерами 20x20 см укладывается бумага с нанесенной на нее круговой шкалой, представляющей ряд concentрических окружностей диаметром от 40 до 180 мм, проведенных через 2 мм. Перед испытанием цилиндр и стекло увлажняют водой. Навеска вяжущего берется в таком количестве, чтоб затворенная определенным количеством воды позволило получить массу, которая полностью заполнила внутренний вискозиметр. После заполнения цилиндр вискозиметра поднимали вверх и замеряли диаметр расплыва. При каждом измерении фиксируется плотность полученной суспензии. Суспензию с химическими добавками готовят аналогичным образом, предварительно смешав воду для затворения с добавкой. Пластифицирующий эффект определяется по следующим показателям:

– водоредуцирующему индексу – характеризующий уменьшение расхода воды в изореологических системах

$$ВИ(B_{\delta}) = \frac{(B/T)_{п}}{(B/T)_{н}} \quad (5)$$

– или в % относительно контрольного

$$\Delta B_{\delta} = \frac{(B/T)_{п} - (B/T)_{н}}{(B/T)_{н}} 100\% , \quad (6)$$

где $(B/T)_{п}$ и $(B/T)_{н}$ – водоцементное отношение пластифицированных и непластифицированных систем;

– концентрационному индексу – увеличению объемной концентрации дисперсной системы

$$КИ = \frac{\varphi_{п} - \varphi_{н}}{\varphi_{н}} , \quad (7)$$

где $\varphi_{п}$ и $\varphi_{н}$ – объемные концентрации твердой фазы пластифицированной и непластифицированной систем в изореологическом состоянии или в % относительно контрольного.

$$\Delta \varphi = \frac{\varphi_{п} - \varphi_{н}}{\varphi_{н}} 100\% . \quad (8)$$

Объемная концентрация определялась по формуле:

$$\varphi = \frac{1/\rho}{1/\rho + B/T} , \quad (9)$$

где ρ – абсолютная плотность твердой фазы (истинная), г/см³.

Концентрационно-водоредуцирующую чувствительность диспергируемого материала (вяжущего, измельченных порошков АМД) к разжижителям (гипер-, супер- и пластификаторам) определяют по формуле:

$$K_{ч} = \frac{\Delta B_{\delta}}{C} , \quad (10)$$

где C – концентрация СП; ΔB_{δ} – водоредуцирующий индекс в процентах.

Определение пластифицирующего, эффекта на бетонной смеси достаточно точно характеризует действие добавок-пластификаторов, но эта методика имеет ряд существенных недостатков: трудоемкость эксперимента, материалоемкость при его выполнении. Эксперименты в различных составах бетона приводят к

значительному влиянию свойств мелкого и крупного заполнителей на результаты.

Для исследования новых химических и минеральных добавок, определения их оптимальной дозировки, предварительные эксперименты целесообразно проводить не на бетонной смеси, а на цементной суспензии, которая непосредственно является физической матрицей реологических изменений в системе.

Изменение водопотребности и подвижности для достижения одинаковой плотности суспензии удобно оценивать цилиндрическим вискозиметром (рис.1) по величине расплыва на границе начала гравитационной растекаемости. Предельное напряжение сдвига по величине расплыва достаточно точно может быть определено по формуле (4).

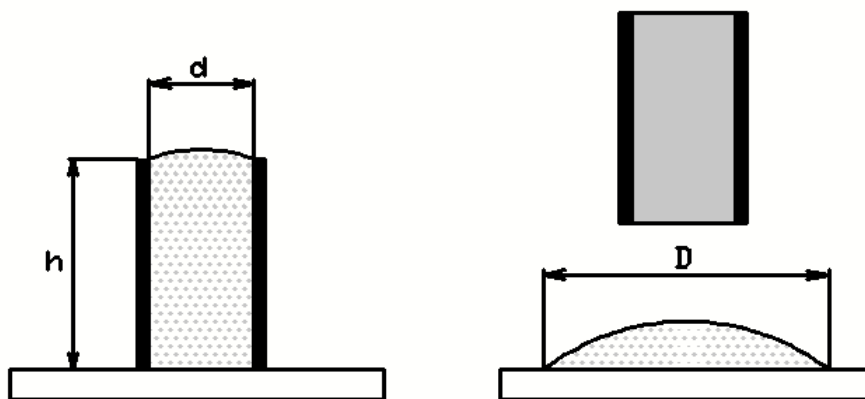


Рис. 1. Цилиндрический вискозиметр

Для определения В/Т суспензии (цемент, молотые шлаки, известь, гипсовый камень и др.), необходимое для получения расплыва на границе гравитационной растекаемости, и вычислить предельное напряжение сдвига $\tau_0=70...80$ Па (расплыв на границе гравитационной растекаемости для вискозиметров с $d=10$ мм и $h=20$ мм и $d=25$ мм и $h=50$ мм, соответственно, должны быть 20...23 мм и 70...80 мм).

Затем определить В/Т суспензий с различной дозировкой пластифицирующей добавки при одинаковой с контрольным составом подвижности ($\tau_0=70...80$ Па).

Цель работы. Освоить методику определения реологических свойств дисперсных компонентов бетона, а также изучить влияние химических добавок на изменение этих свойств.

По полученным результатам делают выводы о реологических характеристиках исследуемых порошков и эффективности действия химических модификаторов на реологическую матрицу бетонной смеси.

Контрольные вопросы

1. Что такое реология и какими показателями ее оценивают?
2. Что называется *вязкостью* системы? Единицы измерения вязкости.
3. Что называется *предельным напряжением сдвига*?
4. Что такое *тиксотропия*? В каких материалах она проявляется?
5. Какие факторы влияют на реологические и технологические характеристики бетонных и растворных смесей?
6. Что характеризует водоредуцирующий индекс?
7. Как оценивают чувствительность дисперсного материала к разжигателям?

Практическая работа № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОННОЙ СМЕСИ

Бетонная смесь – упруго-пластичная вязкая система, обладающая начальной структурной прочностью (структурной вязкостью). Количественно структурная прочность бетонной смеси можно оценить при помощи реологических характеристик: коэффициента структурной вязкости и предельного напряжения сдвига. *Предельное напряжение сдвига* определяется по величине усилия, которое надо приложить извне к смеси, чтобы привести ее в состояние вязкого течения. Коэффициент структурной вязкости характеризует вязкое течение смеси с предельно разрушенной структурой. Чем меньше

структурная прочность, тем легче заполнение формы бетонной смесью без ее расслоения при сохранении слитного строения. Регулирование реологических свойств смеси может осуществляться введением различных добавок [8].

Основным технологическим свойством бетонной смеси является удобоукладываемость, определяемая для подвижных бетонных смесей величиной осадки конуса (см), а для жестких смесей – временем вибрирования (сек.), которое затрачено для выравнивания и уплотнения предварительно отформованного конуса бетонной смеси в техническом вискозиметре.

Определение подвижности и жесткости бетонных смесей на тяжелых и пористых заполнителях производится согласно ГОСТ 10181-2014. Методика определения структурной вязкости приведена ниже.

Цель работы. Освоить методику определения реологических свойств бетонной смеси (предельного напряжения сдвига, коэффициента структурной вязкости) и технологических (удобоукладываемость, плотность), а также изучить влияние химических добавок (одной или нескольких по указанию преподавателя) на изменение этих свойств смеси.

Методика определения коэффициента структурной вязкости цементно-песчаного раствора

В условиях вибрирования для определения вязкости и других структурно-механических свойств дисперсных систем могут быть использованы приборы, основанные на определении динамики всплытия (или погружения) сферического тела в вибрируемой системе, плотность которой отличается от плотности сферы. Наиболее простым методом определения вязкости вибрируемых цементных систем является метод «всплывающего шарика», основанный на законе Стокса [9]:

$$\eta = k \cdot (\rho_1 - \rho_2) \tau, \quad (\text{Па}\cdot\text{с}), \quad (11)$$

где k – константа устройства, ρ_1 и ρ_2 – плотности исследуемой системы и шарика, $\text{кг}/\text{м}^3$; τ – время всплывания шарика, с.

Для оценки величины вязкости цементно-песчаного раствора примените вискозиметр (рис. 2), представляющий собой цилиндр высотой (h) 10 см и диаметром (D) 5,5 см. В дне цилиндра имеется углубление в форме полусферы, куда укладывается шарик теннисный диаметром 4 см и весом 2,4 г.

Определение коэффициента вязкости раствора выполняется в следующем порядке:

- изготавливают 400 г цементно-песчаного раствора составом, принятым в исследуемой бетонной смеси;
- раствор помещается в вискозиметр и уплотняется постукиванием прибора о металлический предмет;
- вискозиметр с раствором закрепляют на виброплощадке.

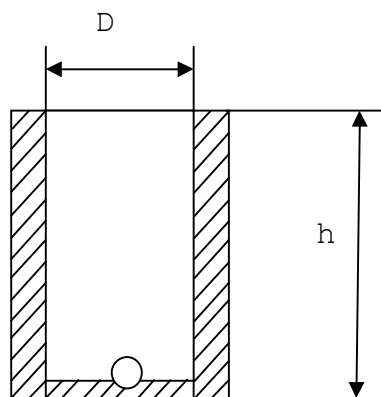


Рис. 2. Вискозиметр определения вязкости растворов

Время от момента включения виброплощадки до появления шарика на поверхности раствора принимают за коэффициент структурной вязкости (сек.).

При вибрировании бетонной смеси ее начальная структура предельно разрушается, внутреннее трение и силы сцепления уменьшаются до минимума, в полной мере проявляется эффект тиксотропного разжижения и предельное напряжение сдвига становится очень малым. Так, по данным А.Е. Десова, предельное напряжение сдвига для раствора состава 1:2 равно 102 Па, для более жирных растворов еще меньше.

Методика определения величины предельного напряжения сдвига бетонной смеси (по методу Л.А. Файтельсона)

По рассматриваемой методике [10] для оценки величины предельного напряжения сдвига бетонной смеси применяется приспособление, показанное на рис. 3.

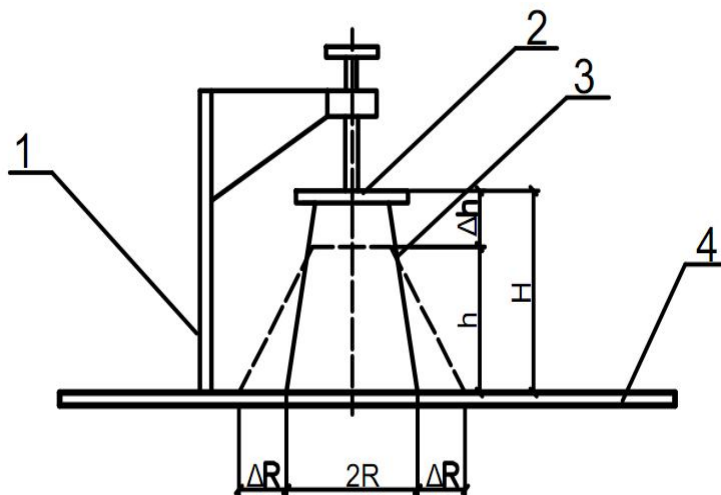


Рис. 3. Схема приспособления для определения предельного напряжения сдвига бетонной смеси: 1 – станина; 2 – груз; 3 – конус; 4 – подставка

Определение предельного напряжения сдвига выполняется в следующей последовательности:

– приготовленную бетонную смесь укладывают в конус, закрепленный на подставке и уплотняется штыкованием 25 раз;

– далее определяется масса уплотненной смеси с конусом и вычисляется плотность смеси по формуле:

$$\gamma_{\text{б.см.}} = \frac{m_2 - m_1}{V_{\text{б}}}, \quad (12)$$

где m_1 и m_2 – масса конуса и конуса с бетонной смесью, соответственно; $V_{\text{б}}$ – объем бетона в конусе.

Стандартный конус снимается с бетонной смеси и производится определение величины предельного напряжения сдвига. Для этого измеряется осадка бетона и размеры основания конуса бетонной смеси по 3-м

направлениям. В результате получают величины осадки в см и величину $D_{\text{ср}}$.

Если смесь жесткая и расплыва не произошло, то производят нагружение бетонного конуса тарировочными грузами до тех пор, пока не будет обнаружено изменение размеров основания конуса и его осадка.

По полученным результатам вычисляют предельное напряжение сдвига (τ) по формуле:

$$\tau = \frac{\gamma_{\text{б.см}} \cdot V_{\text{см}} + P}{2S}, \quad (13)$$

где $\gamma_{\text{б.см}}$ – плотность бетонной смеси, кг/м³; $V_{\text{см}}$ – объем бетонной смеси, м³; P – масса груза, кг; S – площадь основания бетонного конуса после осадки, м².

Методика определения удобоукладываемости бетонной смеси

Удобоукладываемость бетонной смеси оценивают показателями подвижности, жесткости, расплыва, степени уплотняемости [11].

А. Подвижность бетонной смеси оценивают по осадке конуса (ОК), отформованного из бетонной смеси.

Подвижность бетонной смеси определяют с помощью стандартного конуса с размерами $H=300$ мм, $d = 100$ мм, $D = 200$ мм в следующей последовательности.

На металлический лист размером не менее 700 x 700 мм устанавливают предварительно протертый влажной тканью конус с воронкой и заполняют его бетонной смесью марок П1, П2 и П3 в три слоя одинаковой высоты. Каждый слой уплотняют штыкованием гладким металлическим стержнем диаметром 16 мм, длиной 600 мм в количестве 25 раз. Бетонной смесью марок П4 и П5 конус заполняют в один прием и штыкуют 10 раз.

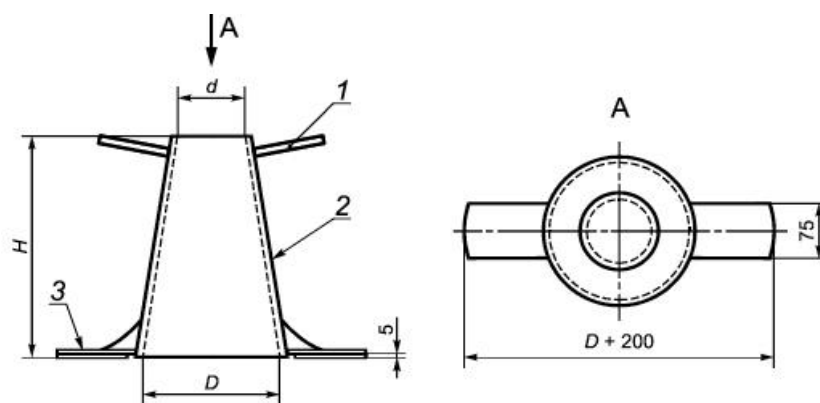


Рис. 4. Конус для определения подвижности: 1 – ручка; 2 – корпус; 3 – упоры

Конус во время укладывания и штыкования смеси должен быть плотно прижат к листу. После уплотнения бетонной смеси в конусе воронку снимают, и избыток смеси срезают кельмой вровень с верхними краями конуса. Затем конус плавно снимают с сформованной бетонной смеси, поднимая его вертикально вверх. Устанавливают рядом с ней. Время, затраченное на подъем конуса, должно составлять 5-7 с. Общее время от начала заполнения конуса до его снятия не должно превышать 3 мин.

Осадку конуса бетонной смеси определяют, укладывая гладкий стержень на верх конуса и измеряя расстояние от нижней поверхности стержня до поверхности бетонной смеси с погрешностью не более 0,5 см. Осадку конуса бетонной смеси определяют два раза. 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.

Б. Жесткость бетонной смеси характеризуют временем вибрации в секундах, необходимым для выравнивания бетонной смеси и появления цементного теста в отверстиях прибора по методам Вебе и Красного или по выравниванию поверхности бетонной смеси по методу Скрамтаева.

Для определения жесткости бетонной смеси применяют прибор Вебе (рис. 5); прибор Красного (рис. 6).

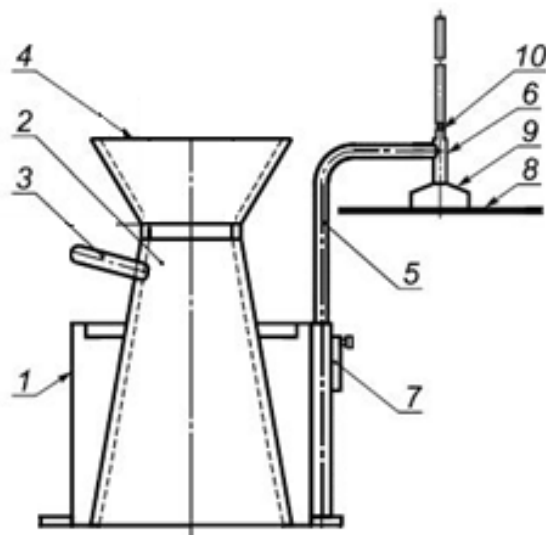


Рис. 5. Прибор Вебе: 1 – цилиндр с фланцем в основании; 2 – конус; 3 – кольцо-держатель с ручками; 4 – загрузочная воронка; 5 – штатив; 6 – направляющая втулка; 7 – фиксирующая втулка; 8 – диск с шестью отверстиями; 9 – стальная шайба; 10 – штанга

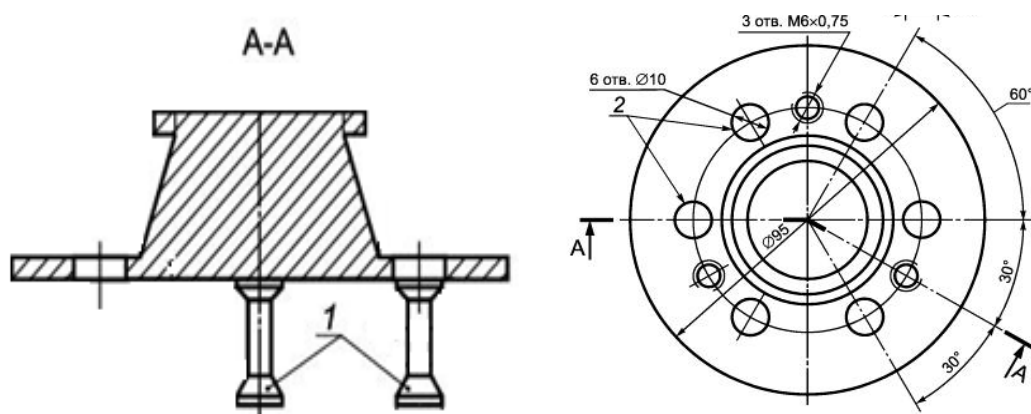


Рис. 6. Прибор Красного: 1 – ножки; 2 – отверстия $d=10$ мм

При определении жесткости бетонной смеси выполняют заполнение конуса прибора смесью, уплотнение смеси и снятие с отформованной смеси конуса проводят аналогично подготовке при определении подвижности смеси для марок П1-П3. Далее поворотом штатива 5 диск 8 (рис. 5) устанавливают над отформованным конусом бетонной смеси и плавно опускают его до соприкосновения с поверхностью смеси. Включают виброплощадку и секундомер и наблюдают за выравниванием бетонной смеси. Смесь вибрируют до тех пор, пока не начнется выделение цементного теста из любых двух

отверстий диска 8. В этот момент выключают секундомер и вибратор. Время, измеренное в секундах, характеризует жесткость бетонной смеси.

Определение жесткости смеси при помощи прибора Краснова, установленную на виброплощадку, металлическую форму размером 15x15x15 см или 20x20x20 см заполняют бетонной смесью доверху с помощью штыкования без виброуплотнения. Избыток смеси срезают кельмой вровень с верхними краями формы. Прибор Красного погружают в бетонную смесь ножками вниз до соприкосновения нижней поверхности 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.

Запись результатов по определению плотности, удобоукладываемости, величины предельного напряжения сдвига выполняется по форме табл. 1 и 2.

Таблица 1

Составы бетонных смесей

№ состава	Состав смеси, кг/м ³				
	Ц	П	Гр/Щ	В	Д
1					
2					
3					

Таблица 2

Результаты определения плотности, удобоукладываемости и предельного напряжения сдвига бетонной смеси

№ состава	ОК, см Ж, сек	Плотность, кг/м ³	Масса пригрузки, кг	Ср. диаметр осн. конуса, см	Площадь основа- ния, см ²	Масса смеси в конусе, кг	Пред. напряж. сдвига, кг/см ²
1							
2							
3							

Затем строят графики зависимости предельного напряжения сдвига смеси, удобоукладываемости и плотности смеси от количества добавки (вида заполнителя и т.п.) и делается заключение по выполненной работе.

Контрольные вопросы

1. Как зависит напряжение сдвига бетонной смеси от величины структурной вязкости?
2. Как изменяются свойства бетонной смеси с добавкой или с добавками.
3. По каким показателям выбирают оптимальное количество добавки, обеспечивающее получение заданных технологических свойств бетонной смеси.
4. Опишите методы контроля подвижности бетонной смеси.
5. Какой метод контроля удобоукладываемости бетонной смеси удобнее применять при формировании ЖБИ на заводе. Обосновать.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баженов Ю.М. Технология бетона. – 4-е изд. – М.: АСВ, 2007. – 528с.
2. Реологические свойства цемента/ <http://www.tkastreya.ru/>.
3. Физическая энциклопедия // <http://dic.academic.ru/>.
4. Низина Т.А., Балбалин А.В. Влияние минеральных добавок на реологические и прочностные характеристики цементных композитов// Вестник ТГАСУ. – 2012. – № 2. – С. 149–154.
5. Никифоров А.П., Матенчук Н.А., Пушкаренко О.А., Горидько Д.О. Реологические свойства цементных композиций с комплексными модификаторами // Наука та прогрес транспорту. – 2005. – № 9. – С. 184–187.
6. Сагдатуллин Д.Г., Морозова Н.Н., Хозин В.Г. Реологические характеристики водных суспензий композиционного гипсового вяжущего и его компонентов //Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2009. – № 2 (12). – С. 263–268.
7. Калашников В.И. Основы пластифицирования минеральных дисперсных систем для производства строительных материалов: автореф. дис. на соиск. учен. степени доктора техн. наук. – Воронеж, 1996. – 89 с.
8. Калашников В.И. Как превратить бетоны старого поколения в высокоэффективные бетоны нового поколения // Технологии бетонов. 2015. – № 11–12. – С. 27–35.
9. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Основы бетоноведения. – СПб.: Стройбетон, 2006. – 692 с.
10. Файтельсон Л.А. К определению реологических свойств бетонной смеси. Сборник: Автоматизация и усовершенствование процессов приготовления, укладки и уплотнения бетонных смесей. – Рига, 1980. – 163 с.
11. ГОСТ 10181-2014. Смесей бетонные. Методы испытаний.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к практическим занятиям по дисциплине
«Научные основы технологии производства
цементных бетонов и изделий из них»
для студентов, обучающихся по программе академической
магистратуры «Инновационные технологии высокопрочных и
высокофункциональных бетонов»

Составители: Морозова Нина Николаевна,
Потапова Людмила Ильинична