



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОННОЙ СМЕСИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к лабораторной работе по дисциплине
“Бетоноведение”

Ростов-на-Дону

2024

УДК 666. 983. 003. 2

Определение реологических характеристик бетонной смеси.

Методические указания к лабораторной работе по дисциплине “Бетоноведение”

Методические указания определяют задачи и порядок выполнения лабораторной работы, содержат методику экспериментальных исследований, правила обработки результатов и оформления отчета.

Предназначены для студентов обучения по направлению 08.03.01 Строительство, профиль “Производство строительных материалов, изделий и конструкций”.

УДК 666. 983. 003. 2

Введение

Для обеспечения высокого качества бетона в конструкции необходимо, чтобы бетонная смесь имела консистенцию, соответствующую принятым в каждом случае условиям формования и уплотнения. Консистенция бетонной смеси может изменяться в широком диапазоне – от жесткой до литой, легко растекающейся. Для оценки свойств бетонных смесей в свежеприготовленном состоянии используются реологические характеристики, которые определяются рядом технологических факторов.

В настоящей лабораторной работе изучаются методики оценки реологических характеристик бетонных смесей и экспериментально оценивается влияние некоторых технологических факторов на свойства бетонных смесей.

1. РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

1.1. Одним из основных технологических критериев бетонной смеси является ее удобоукладываемость, соответствующая принятому способу формования. Удобоукладываемость или формуемость – это способность смеси принимать заданную форму, сохраняя при этом монолитность структуры и создавая однородность строения бетона.

Свойства бетонной смеси должны обеспечить при установленной интенсивности и длительности формования получение плотной массы свежеложенного бетона. Коэффициент уплотнения бетона должен быть не менее 0,98.

1.2. Бетонную смесь, благодаря наличию внутренних сил взаимодействия между дисперсными частицами твердой фазы и воды, можно рассматривать как структурированную систему с определенными реологическими характеристиками.

Основным структурообразующим компонентом бетонной смеси является цементное тесто, под которым понимается смесь вяжущего вещества, воды и других дисперсных частичек (минеральных добавок). Именно цементное тесто обуславливает реологические характеристики бетонной смеси: структурную вязкость, предельное напряжение сдвига и период релаксации.

1.3. Бетонная смесь как структурированная система обладает некоторой начальной прочностью структуры или структурной вязкостью $\eta = \eta_0$. В цементном тесте структура создается за счет действия сил молекулярного сцепления между частицами, окаймленными тонкими пленками воды. Пленки жидкой фазы создают непрерывную пространственную сетку в структуре цементного теста, придавая бетонной смеси в целом свойство пластичности и обеспечивая создание сплошной среды.

Если вязкость жидкости является постоянной, то вязкость структурированных систем может изменяться на 2-3 порядка в зависимости от величины напряжения сдвига системы τ или скорости сдвиговых деформаций. Величина сдвигового напряжения, при которой происходит предельное разрушение начальной структуры бетонной смеси, называется предельным напряжением сдвига τ_0 . Для определения реологических характеристик используются специальные вискозиметры [1,2].

1.4. Для реологических характеристик в производственных условиях применяют упрощенные методы, получая технологические характеристики бетонной смеси – показатель жесткости или осадку конуса [1,3]. Последние характеризуют поведение бетонной смеси в определенных условиях и служат для ориентировочной оценки способности бетонной смеси к формованию. Эти характеристики не дают полных данных о реологических свойствах бетонной смеси.

Реологические свойства можно ориентировочно определить с применением стандартного оборудования. Так, с помощью стандартного конуса можно определить предельное напряжение сдвига [4]:

$$\tau_0 = \rho_{см} \frac{V}{2F}, \text{ кгс/см}^2, \quad (1)$$

где $\rho_{см}$ – средняя плотность бетонной смеси, кг/м³;

V – объем конуса, м³;

F – площадь основания конуса после его расплыва, см².

В случаях оценки жесткой смеси, когда бетонный конус не дает осадки, то его следует пригрузить сверху грузом P , тогда:

$$\tau_0 = \frac{\rho_{см} V + P}{2F}, \text{ кгс/см}^2. \quad (2)$$

Структурную вязкость можно определить при погружении стального шарика в бетонную смесь при ее вибрировании [1]. В этом случае:

$$\eta = k(\rho_2 - \rho_1)t, \text{ Па} \cdot \text{с}, \quad (3)$$

где k – константа прибора, устанавливаемая градуированием на смеси или жидкости (например, глицерине) с известной вязкостью;

ρ_1 – плотность бетонной смеси, г/см³;

ρ_2 – плотность стального шарика, г/см³, принимается равной 7,82;

t – время всплытия или погружения шарика на определенную глубину, с.

1.5. На реологические характеристики бетонных смесей оказывают влияние свойства материалов и их количество в смеси.

В большой степени на свойства бетонных смесей влияют реологические характеристики цементного теста, которые определяются видом вяжущего, тонкостью помола, нормальной густотой цементного теста и количеством цементного теста определенного состава в единице объема бетонной смеси.

Свойства заполнителей – зерновой состав, пустотность, состояние поверхности зерен, водопотребность заполнителей, а также соотношение между песком и щебнем – оказывают значительное влияние на свойства бетонных смесей.

С увеличением содержания цементного теста при постоянном В/Ц или с уменьшением количества заполнителей снижаются вязкость и предельные напряжения сдвига. Изменение водосодержания бетонной смеси – главный фактор, с помощью которого регулируют реологические характеристики бетонных смесей.

Структурную вязкость можно значительно уменьшить за счет введения в бетонную смесь добавок поверхностно-активных веществ (ПАВ) с различным механизмом действия. Так, гидрофилизующие ПАВ (ЛСТ, УПБ, и др.), повышая смачиваемость поверхности твердых частиц, оказывают диспергирующее действие на цементные и другие тонкие частицы. Гидрофобные добавки адсорбируются на поверхности раздела “воздух-вода”, понижают поверхностное натяжение воды и тем самым обеспечивают вовлечение мельчайших пузырьков воздуха в бетонную смесь. Применение этих добавок (например, СНВ) особенно эффективно в бетонных смесях с малым расходом цемента, в которых недостаточный объем цементного теста увеличивается за счет повышенного содержания в нем воздушных пор – сфероидов.

1.6. Цель настоящей лабораторной работы – экспериментально установить взаимозависимость отдельных реологических характеристик бетонной смеси и определить влияние на них основных технологических факторов.

Целевая установка работы решается в процессе лабораторных исследований самостоятельной обработки полученных результатов. Экспериментальные исследования выполняются в лаборатории бетона кафедры; в отчете по лабораторной работе используются результаты, полученные в параллельных подгруппах курса.

2. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ

2.1. Экспериментальные исследования выполняются двумя – тремя бригадами учебной подгруппы. Бригады в соответствии с заданием определяют показатели удобоукладываемости, предельные напряжения сдвига и вязкость бетонной смеси и устанавливают влияние на них некоторых технологических факторов.

В качестве факторов, влияющих на реологические характеристики бетонной смеси, в лабораторной работе исследуют: количество воды затворения, соотношения между песком и щебнем, добавки ПАВ.

Значения исследуемых факторов для каждой бригады устанавливает преподаватель в соответствии с табл. 1.

Исходные данные

Параметры бетонной смеси	Бригады							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Расход цемента, кг/м ³	300	300	300	300	300	300	300	300
Соотношение между песком и щебнем П/Щ	0,4	0,4	0,4	0,4	0,7	0,7	0,7	0,7
Добавка: ЛСТ СНВ	-	-	+	+	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	+	+

Количество добавки ЛСТ принимается в диапазоне 0,2...4% от массы цемента, количество добавки СНВ – 0,02...0,05% от массы цемента. Содержание добавки уточняет преподаватель.

2.2. Количество материалов на исходный замес объемом 8-9 литров рассчитывают по установленной величине средней плотности бетонной смеси:

$$ц = Ц'V ; \quad (4)$$

$$в = В'V ; \quad (5)$$

$$щ = \frac{(\rho_{см} - Ц' - В')V}{1 + П / Щ} ; \quad (6)$$

$$n = щ \left(\frac{П}{Щ} \right) ; \quad (7)$$

$$\partial = Д'ц / 100, \quad (8)$$

где $ц$, $в$, $п$, $щ$, ∂ – количество цемента, воды, песка, щебня и добавки соответственно на замес, кг;

$Ц'$ - расход цемента, принятый в бригаде по табл.1, кг/м³;

$В'$ - начальное водосодержание бетонной смеси, л/м³, которое устанавливает преподаватель для каждой бригады;

$\rho_{см}$ – расчетная средняя плотность бетонной смеси, принимается равной 2350 кг/м³;

$П/Щ$ – соотношение между песком и щебнем по массе;

V – объем замеса, л;

D' – количество добавки, % от массы цемента.

Расходы материала на замес и составы бетонной смеси, пересчитанные по фактической средней плотности смеси $\rho_{см}^{\phi}$ кг/м³, приведены в табл.2.

Расчет фактического расхода материалов на 1 м³ бетонной смеси выполняется по формулам:

$$Ц = \varphi A; \quad B = \psi A; \quad П = nA; \quad Щ = \varpi A, \quad (9)$$

где $A = \frac{\rho_{см}^{\phi}}{\Sigma(\varphi + \psi + n + \varpi + \partial)}$;

Ц, В, П, Щ, Д – фактические расходы цемента, воды, песка, щебня и добавки соответственно, кг/м³;

$\rho_{см}^{\phi}$ – фактическая средняя плотность бетонной смеси, кг/м³.

Таблица 2

Расходы материалов на замес и фактический состав бетонных смесей

№ со- става	Вид добав- ки, %, Ц	Расход материалов на замесе, кг					Средняя плотность $\rho_{см}^{\phi}$, кг/м ³	Расход материалов на 1 м ³ , кг				
		φ	ψ	n	ϖ	∂		Ц	В	П	Щ	Д

2.3. Оценку реологических характеристик бригады производят для бетонных смесей с различным водосодержанием. После определения жесткости, подвижности, замера основания конуса и времени погружения шарика в вибрируемую бетонную смесь расчетного (исходного) состава бригада определяет среднюю плотность смеси и приступает к оценке реологических характеристик бетонной смеси при увеличении водосодержания. Для этого к исходной смеси добавляют воду из расчета увеличения водосодержания на 10 – 15 л/м³. После тщательного перемешивания производится определение реологических характеристик и средней плотности, и водосодержание опять увеличивается. Каждая

бригада приготавливает по 3 состава, подгруппа готовит 6 составов, отличающихся только расходом воды.

2.4. Жесткость и подвижность бетонных смесей оцениваются по стандартной методике в соответствии с требованиями ГОСТ 10181 – 2000.

Пластическая вязкость (время погружения шарика) определяется на простейшем шариковом вискозиметре. При этом используют стандартный прибор для определения жесткости бетонной смеси. В лабораторной работе проводят качественную оценку влияния исследуемых факторов на вязкость бетонной смеси. Вязкость характеризуется временем погружения шарика на установленную глубину в бетонную смесь в процессе вибрации.

При введении добавок ПАВ измеряется величина воздухововлечения с помощью прибора КП – 133.

2.5. Результаты определений реологических характеристик и параметры составов бетонных смесей, полученные в экспериментальных исследованиях, приводятся в табличной форме (табл.3) и изображаются на графиках. Примеры оформления графических зависимостей представлены на рис. 1 и 2.

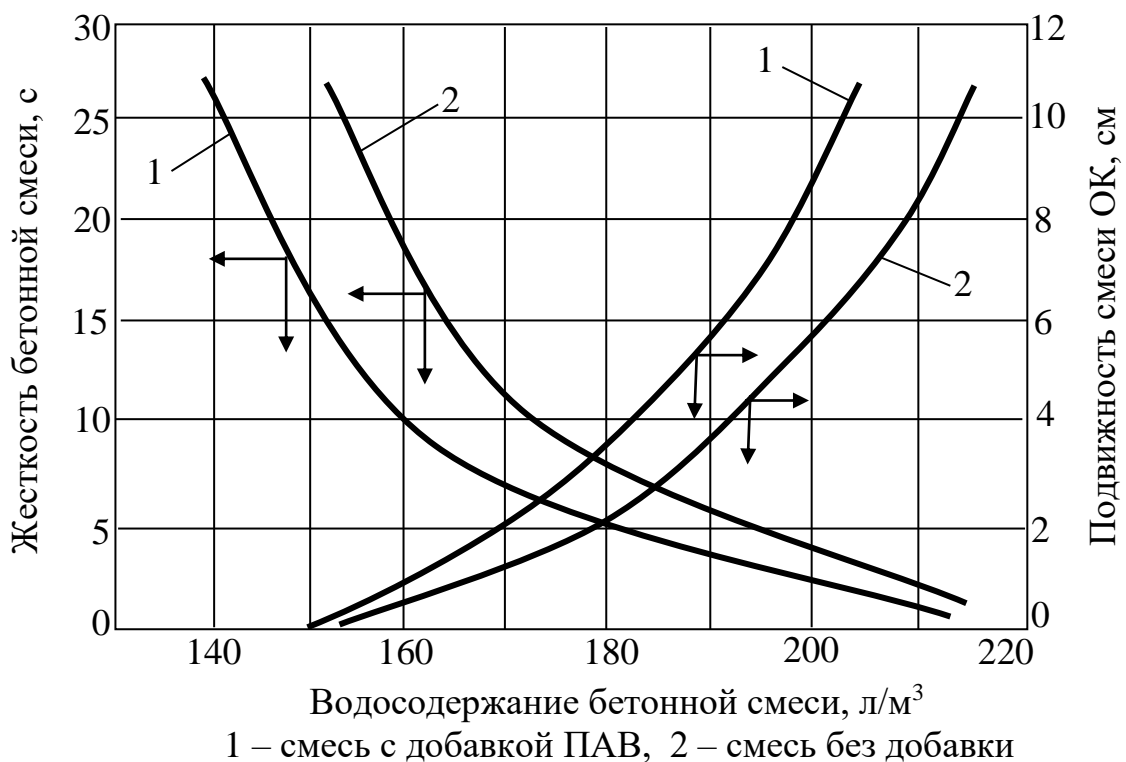


Рис. 1. Влияние водосодержания на показатели удобоукладываемости

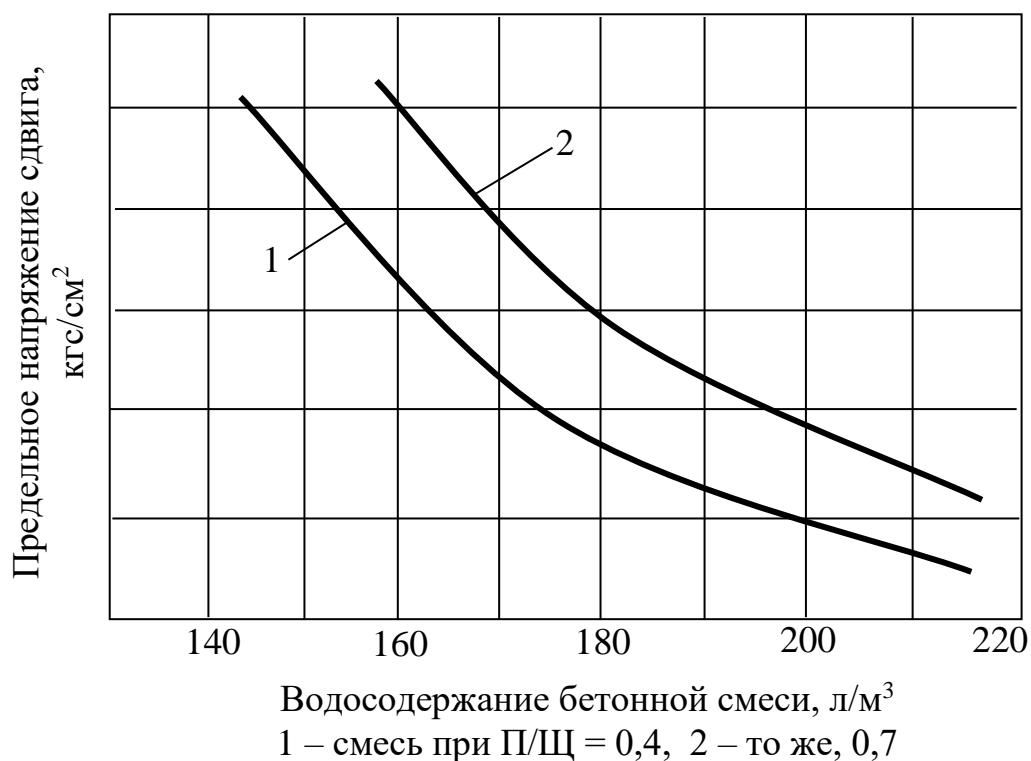


Рис. 2. Зависимость предельных напряжений сдвига от водосодержания бетонной смеси

Проведенная работа завершается оценкой влияния исследованных технологических факторов на реологические характеристики бетонной смеси. При этом необходимо определить, какие изменения в составе бетонной смеси приводят к большему снижению предельного напряжения сдвига, вязкости, жесткости, повышению подвижности.

Таблица 3

Сводная ведомость результатов испытаний бетонной смеси.

№ состава	Вид добавки	Ср. плотность б/с, кг/м ³	Водосодержание В, л/м ³	П/Щ	Подвижность ОК, см	Жесткость Ж, с	Пред. напряжения сдвига τ_0 , кгс/см ²	Время погружения t, с	Величина воздуховлечения, %

Примечания:

1. Глубина погружения шарика ... см.
2. Для сравнительной оценки структурной вязкости бетонных смесей используется величина $t(\rho_2 - \rho_1)$.
3. Величина пригруза Р при определении предельных напряжений сдвига составляет ... кг.

Литература

1. Баженов Ю.М.. Технология бетона. – М.: АСВ, 2003. – 500 с.
2. Гершберг О.А.. Технология бетонных и железобетонных изделий. – М.: Стройиздат, 1971. – 359 с.
3. ГОСТ 10181 – 2000. Смеси бетонные. Методы испытаний.
4. Ферронская А.В., Стамбулко В.И.. Лабораторный практикум по курсу «Технология бетонных и железобетонных изделий»: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 1988. – 223 с.