

## Лабораторная работа №8

### Определение реологических характеристик бетонной смеси

**Цель работы.** Определить реологические характеристики бетонной смеси и исследовать влияние на них некоторых факторов.

**Введение.** Одним из основных критериев технологических свойств бетонной смеси является ее удобоукладываемость или формуемость, т. е. способность растекаться и принимать заданную форму, сохраняя при этом сплошность и однородность массы. Для сплошности среды необходимо, чтобы система обладала определенными связями, величина которых превышала бы гравитационные силы, воздействующие на частицы системы (в данном случае бетонной смеси), что исключает отделение частиц крупного заполнителя от раствора, их оседание и расслоение бетонной смеси.

Для деформирования (уплотнения) бетонной смеси в начальный момент необходимо преодолеть предельное напряжение сдвига  $\tau$ , а затем, чтобы избежать расслоения, — сохранить наименьшую пластическую вязкость смеси  $\eta$  для ее вязкого течения и наполнения формы. Предельное напряжение сдвига и пластическая вязкость, так же как и период релаксации, являются реологическими характеристиками бетонной смеси. Для определения этих характеристик применяют специальные приборы. Для оценки реологических характеристик в производственных условиях применяют упрощенные методы, получая технологические характеристики бетонной смеси, показатель жесткости или осадку конуса, которые характеризуют поведение смеси в определенных условиях и служат для ориентировочной оценки способности смеси к формуемости и уплотнению при тех или иных условиях воздействия. Однако эти характеристики не дают полных данных о реологических свойствах бетонной смеси.

Используя результаты стандартных испытаний, можно ориентировочно определить реологические свойства бетонной смеси. Так, с помощью стандартного конуса можно определить предельное напряжение сдвига:

$$\tau = \rho_{см} V / (2S), \quad (1)$$

где  $\rho_{см}$  — средняя плотность бетонной смеси, кг/м<sup>3</sup>;  $V$  — объем конуса, см<sup>3</sup>;  $S$  — площадь основания конуса после расплыва, см<sup>2</sup>.

Если бетонный конус расплыва не дает (жесткая бетонная смесь), то его следует пригрузить сверху грузом  $P$ . Тогда

$$\tau = (\rho_{см} V + P) / (2S). \quad (2)$$

Ориентировочно можно определить структурную вязкость смеси  $\eta$  на установке, показанной на рис. 2:

$$\eta = K (\rho_1 - \rho_2) t, \quad (3)$$

Где,  $K$ —константа прибора, устанавливаемая градуированием смеси или жидкости (например, глицерине) с известной вязкостью или путем сравнения вязкости, полученной на приборе, с вязкостью, определенной на специальных вискозиметрах (ротационных или др.):  $\rho_1$  — средняя плотность бетонной смеси, г/см<sup>3</sup>;  $\rho_2$  — средняя плотность шарика, г/см<sup>3</sup>;  $t$  — время погружения или всплытия шарика на определенную глубину, с.

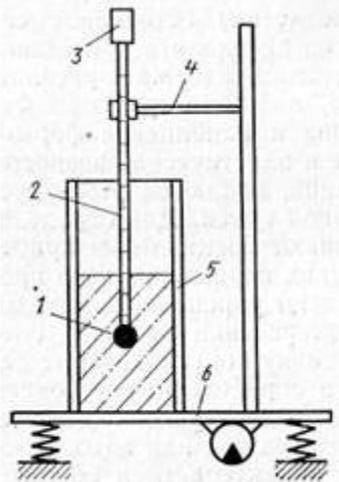


Рисунок 2. Схема простейшего шарикового вискозиметра: 1-стальной шарик, измерительная штанга; 3-пригруз; 4-штатив; 5-форма; 6-вибростол.

На реологические свойства бетонной смеси оказывают влияние минералогический состав и тонкость помола цемента. В смесях с более тонкопомолотыми частицами возрастают силы внутреннего сцепления за счет межмолекулярных и адгезионных сил, уменьшается толщина водных прослоек, вследствие чего возрастает структурная вязкость смеси. В смесях с более грубым помолом твердой фазы более значительное влияние оказывают силы внутреннего трения. В этом случае большая часть воды располагается в пустотах, а не между зернами материала, не играя роли смазки, и структурная вязкость смеси возрастает. Вибрация, вызывающая ослабление сил внутреннего воздействия (в первом случае) и способствующая уменьшению внутреннего трения (во втором случае), оказывает большое влияние на изменение свойств смеси, что выражается в увеличении коэффициента тиксотропии.

При использовании песка и крупного заполнителя внутреннее трение будет возрастать еще больше.

Большое влияние на реологические свойства бетонной смеси оказывает соотношение между водой и цементом, а также между водой и твердой фазой. Структурную вязкость можно значительно уменьшить за счет добавления в бетонную смесь пластифицирующих добавок.

**Содержание лабораторной работы.** Работа проводится подгруппой из двух бригад. Бригады в соответствии с заданием определяют реологические характеристики бетонной смеси и устанавливают влияние на них некоторых факторов. Для этой цели используются стандартные методы определения удобоукладываемости бетонных смесей и упрощенная установка, схема

которой приведена на рис. 2. Затем, используя результаты испытаний, по формулам 1..3 рассчитываются предельное напряжение сдвига и структурная вязкость. Бригады обмениваются результатами опытов и на основании их делают общий вывод о влиянии исследуемых факторов на реологические характеристики бетонной смеси.

Задание 1. Бригада 1 определяет изменение удобоукладываемости и предельного напряжения сдвига бетонной смеси в зависимости от вида и качества крупного и мелкого заполнителей. Материалы: расход портланд-цемента —  $350 \text{ кг/м}^3$ ; звено 1 использует песок с  $M_{кр} = 1.5$ ; щебень с  $D_{наиб} = 10$  и  $20 \text{ мм}$ ; звено 2 применяет песок с  $M_{кр} = 2$  и  $3$ ; щебень с  $D_{наиб} = 20 \text{ мм}$ ; звено 3 использует песок с  $M_{кр} = 1.5$  и гравий с  $D_{наиб} = 10$  и  $20 \text{ мм}$ .

Задание 2. Бригада II определяет изменение удобоукладываемости и структурной вязкости бетонной смеси и зависимости от величины водоцементного отношения, вида и количества пластифицирующей добавки.

Звено 1 для первого замеса использует те же материалы и расход материалов, что и звено бригады 1. Два других замеса отличаются от первого замеса водо-цементным отношением на  $\pm 10\%$ . Звенья 2 и 3 используют те же материалы и расход материалов на  $1 \text{ м}^3$  бетона, что и звено I бригады I. Дополнительно при изготовлении замесов в воду затворения вводится пластифицирующая добавка в количествах  $0,1 \dots 0,3$  —  $0,5\%$  СДБ и  $0,3 \dots 0,55$  —  $0,8\%$  суперпластификатора соответственно звеном 2 и 3.

#### **Указания к проведению лабораторной работы.**

1. Каждое звено рассчитывает расход материалов на  $1 \text{ м}^3$  бетона и для приготовления замеса объемом  $7 \text{ л}$ .

2. Изготавливаются замесы, и определяется подвижность или жесткость, средняя плотность бетонной смеси, а также фактический расход материалов на  $1 \text{ м}^3$  бетона в соответствии с общими методическими указаниями. При изготовлении первого замеса 1-й бригадой уточняется количество воды из условия получения бетонной смеси с заданной подвижностью или жесткостью (задается преподавателем). При приготовлении других замесов количество воды берется согласно заданиям по звеньям.

3. Результаты выполненных расчетов приводятся в отчете. Результаты испытаний двух бригад заносятся в таблицу 1.

Таблица 1. Результаты испытаний

№ бригады	№ звена	№ замеса	Песок $M_{кр}$	Щебень $D_{наиб}$	Гравий $D_{наиб}$	В/Ц	Вид и количество добавки, %	Средняя плотность бетонной смеси, кг/м <sup>3</sup>	Подвижность, см, или жесткость, с, бетонной смеси	Фактический расход материалов, кг/м <sup>3</sup>				
										цемент	вода	песок	щебень	добавка
1	1	1 2												

4. Каждым звеном бригады 1 делаются необходимые измерения, и рассчитывается величина предельного напряжения сдвига. Для этого при определении удобоукладываемости бетонной смеси определяют также объем конуса и его площадь после расплыва. Результаты измерений и расчетов приводятся в отчете и заносятся в табл. 2.

№ звена	№ замеса	Характеристика бетонного конуса		Масса бетонной смеси в конусе, кг	Масса пригруза $P$ , кг	Предельное напряжение сдвига $\tau$ , Па
		диаметр, см	площадь, см <sup>2</sup>			
1	1 2					

5. На основе результатов опытов бригады 1 делаются выводы по изменению удобоукладываемости и предельного напряжения сдвига в зависимости от вида и качества мелкого и крупного заполнителей.

6. Бригада 2 определяет изменение структурной вязкости на установке (см. рис. 2) в зависимости от величины водоцементного отношения, вида и количества пластифицирующей добавки. Результаты измерений и расчетов приводятся в отчете и заносятся в табл. 3.

Таблица 3.

№ звена	№ замеса	Средняя плотность бетонной смеси, кг/м <sup>3</sup>	Время погружения шарика, с	Структурная вязкость $\eta$ , Па · с
1	1 2 3			
			и т. д.	

7. На основе результатов опытов бригады 2 делаются выводы по изменению удобоукладываемости и структурной вязкости бетонной смеси в зависимости от величины водоцементного отношения, вида и количества пластифицирующей добавки.

8. Бригады обмениваются результатами опытов, на основании которых строят графоаналитическую зависимость

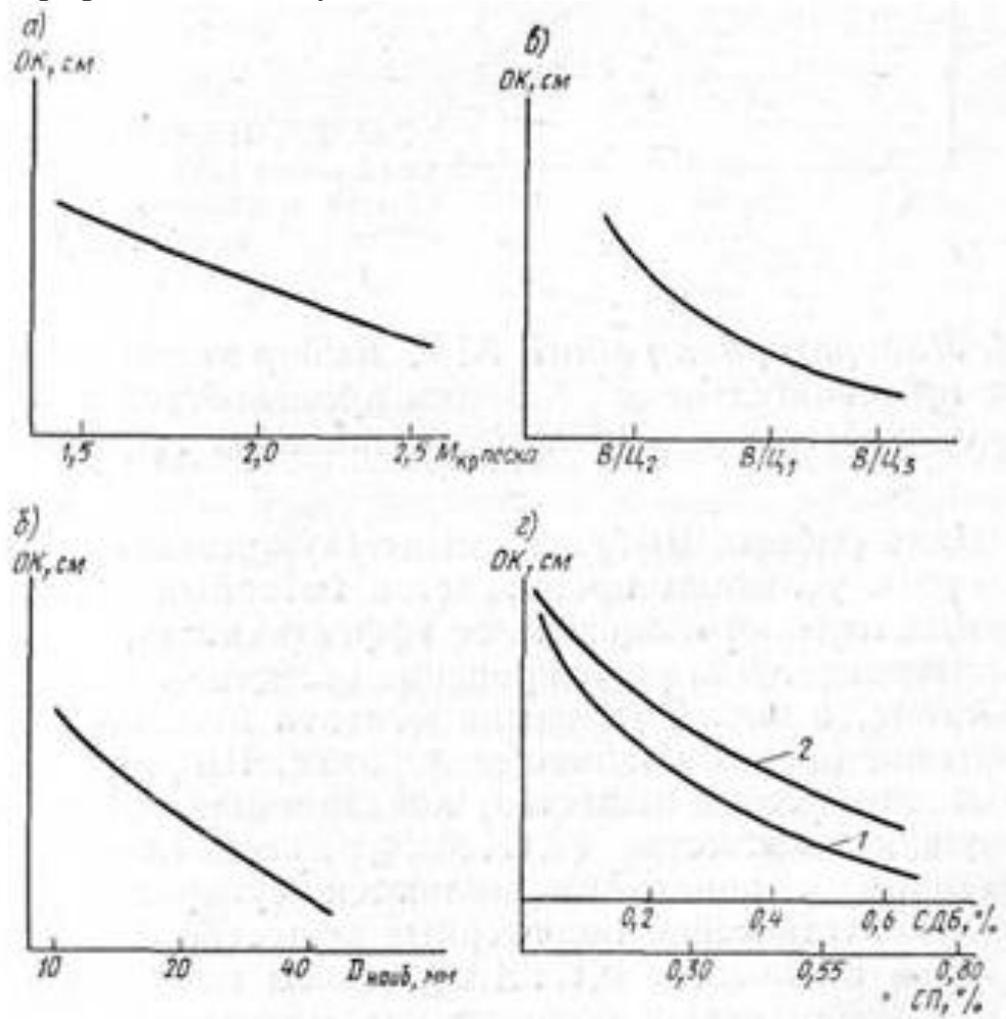


Рисунок 3. Изменение удобоукладываемости бетонной смеси в зависимости от качества мелкого (а), крупного (б) заполнителей, величины

водоцементного отношения (в), вида и количества пластифицирующей добавки (г): 1-суперпластификатор, 2-СДБ.

изменения удобоукладываемости (рис. 3), предельного напряжения сдвига (рис.4) и структурной вязкости (рис.5) от исследуемых факторов. На основе результатов опытов двух бригад делаются общие выводы о влиянии исследуемых факторов на реологические характеристики

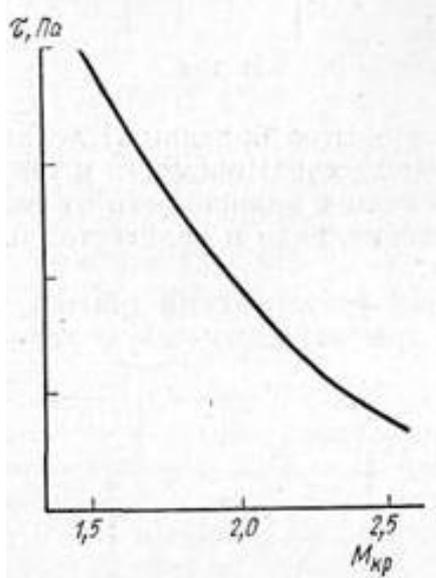


Рисунок 4. Изменение предельного напряжения сдвига бетонной смеси в зависимости от крупности песка