

Казахская головная архитектурно-строительная академия

Дисциплина «Технология бетона 1»

Лекция 4 **Реологические и технологические свойства
бетонной смеси**

{ Акад.проф. Колесникова И.В.

Для получения хорошей структуры бетона:

- **бетонная смесь в статическом состоянии** должна обладать достаточным предельным сопротивлением сдвигу и достаточной вязкостью для недопущения ее расслаивания
- **в период укладки бетонной смеси** значения этих величин должны кратковременно уменьшаться до минимума, а затем структурные свойства должны тиксотропно восстанавливаться.
- **Вязкость раствора при постоянном водосодержании определяется содержанием в нем песка и цемента:** чем меньше в растворе цемента, тем больше требуется песка, и наоборот, при больших количествах цемента (т. е. малых В/Ц) вязкость теста уже достаточно высока и песка может содержаться меньше.

Пластичность — способность к течению без нарушения оплошности (расслаивания)

Непластичные смеси расслаиваются при транспортировке и укладке в результате:

- отделения воды
- крупного заполнителя

Предотвращение или замедление скорости расслаивания обеспечивается определенным значением предельного сопротивления сдвига (эффективной вязкости) за счет оптимизации состава бетонной смеси:

- учитывается водоудерживающая способность цементов (примерно равна 1,65 их нормальной густоты) и заполнителя (по водопотребности)
- оптимизируется соотношение песка и цемента: чем меньше песка тем больше должно содержаться цемента и наоборот
- оптимизируется содержание щебня в смеси (не допускается избытка)

Течение бетонной смеси как результат разрушения коагуляционной структуры обеспечивается приложением как статических, так и динамических (ударов, вибраций) нагрузок или их сочетанием

В технологии бетона в практике наибольшее применение нашли вибрационные нагрузки

- при вибрировании подвижных и умеренно жестких бетонных смесей предельное напряжение сдвига уменьшается до нуля и смесь течет под действием собственного веса, имея определенный коэффициент вязкости
- **в подвижных смесях**, где частицы заполнителя находятся в сплошной среде цементного теста, **уплотняющего действия вибрации следует избегать**, так как оно может привести к расслоению смеси
- **в жестких несвязных бетонных смесях** при вибрации происходит сближение частиц под действием силы тяжести, и они превращаются в связную массу, обладающую свойствами вязких жидкостей.

Тиксотропия - свойство бетонной смеси разжижаться при механических воздействиях и вновь загустевать в спокойном состоянии.

Коэффициент тиксотропии – показатель тиксотропии бетонной смеси, характеризующий способность бетонной смеси к разжижению при действии вибрации

Эффективность вибрирования может быть оценена величиной скорости колебаний (произведение амплитуды на частоту), ускорением колебаний (произведение амплитуды на квадрат частоты) либо затратами энергии на совершение колебаний.

Существующие **теории виброуплотнения**:

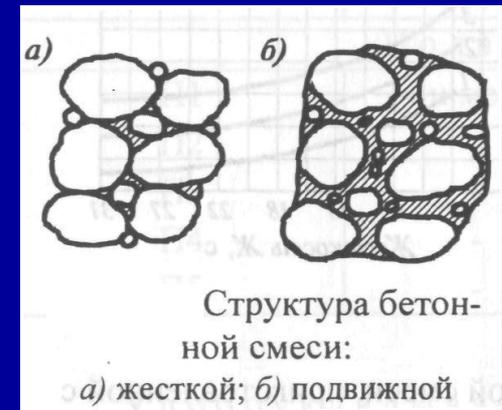
- **корпускулярная**, считающая, что эффективное уплотнение достигается за счет воздействия на зерна заполнителей и частицы цементного теста различными частотами с целью вызвать резонансные явления в их колебаниях
- **волновая**, считающая, что эффективное уплотнение достигается за счет обеспечения определенной частоты резонансом всего вибрируемого объема.

Важнейшее технологическое свойство – **удобоукладываемость**

Удобоукладываемость - способность бетонной смеси заполнять форму при данном способе уплотнения, сохраняя свою однородность

Характеризуется показателями:

- **ПОДВИЖНОСТЬ**
- **ЖЕСТКОСТЬ**
- **СВЯЗНОСТЬ**



Подвижность – характеристика структурной прочности смеси (предельное напряжение сдвига), определяемая по способности расплываться под действием собственной массы

Жесткость – показатель динамической вязкости (эффективной вязкости) бетонной смеси

Связность – характеристика, определяемая показателями водоотделения бетонной смеси после ее отстаивания

ГОСТ 7473-2010 Смеси бетонные. Технические условия

4.2 В зависимости от показателя удобоукладываемости бетонные смеси подразделяют на группы: жесткие (Ж), подвижные (П) и растекающиеся (Р). Группы подразделяют на марки по удобоукладываемости.

Таблица 1 - Марки 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

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

Таблица 3 - Марки по жесткости

Марка	Жесткость, с
Ж1	5-10
Ж2	11-20
Ж3	21-30
Ж4	31-50
Ж5	Более 50

Таблица 4 - Марки по уплотнению*

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 (

- **Определение подвижности бетонной смеси** производят **стандартным конусом Абрамса**



- **Определение жесткости бетонной смеси.** При малых расходах воды бетонные смеси не показывают осадки конуса и их называют *жесткими*.

Для определения жесткости бетонной смеси применяют:

- прибор Вебе (рис.1)
- прибор Красного (рис.2) и металлическую форму ФК-150 или ФК-200 по [ГОСТ 22685](#);
- конус для метода Скрамтаева

Определение распыла бетонной смеси

Распыл бетонной смеси определяют путем измерения величины распыла на встряхивающем столе.

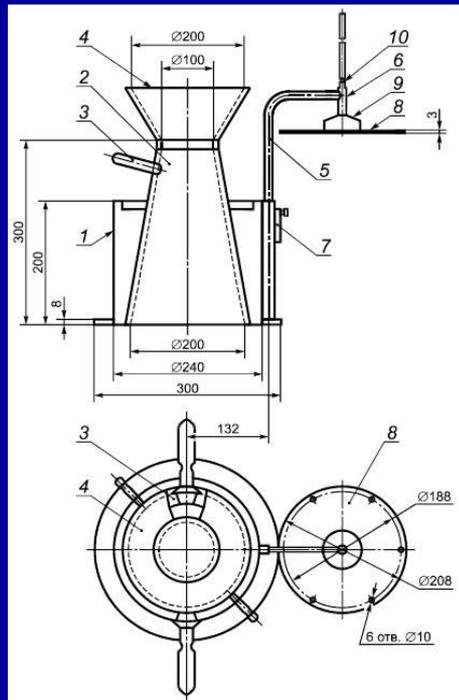


Рис.1

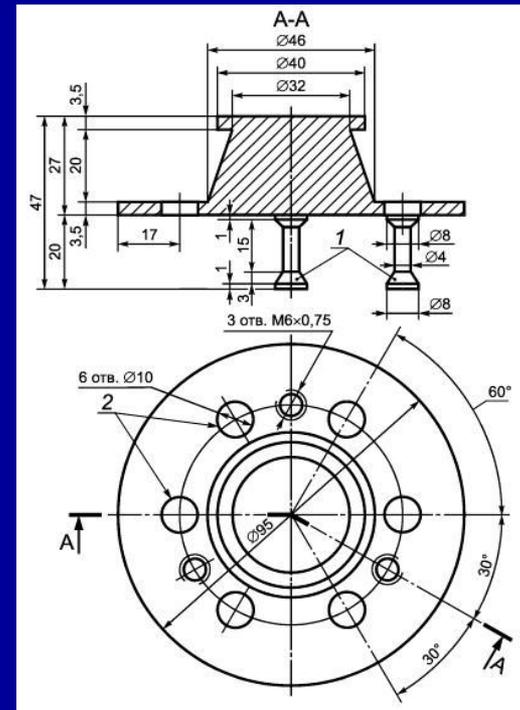


Рис.2

Основное правило оптимизации характеристик удобоукладываемости бетонной смеси - **повышение удобоукладываемости бетонных смесей без снижения прочности затвердевшего бетона**

Влияние на удобоукладываемость бетонной смеси оказывает:

- **Количество воды:** увеличение количества воды *всегда* вызывает повышение текучести бетонной смеси
- **Соотношение цемента мелкого и крупного заполнителя:** увеличение количества цемента или песка оказывает *различное влияние* на ее удобоукладываемость. С одной стороны, будет увеличиваться вязкость среды — раствора, с другой, увеличиваться относительное содержание среды и, следовательно, понижаться концентрация фазы — крупного заполнителя. Теоретически трудно предугадать, как сложатся эти противоположные воздействия
- **Цементно-водное отношение**
Практически увеличение вязкости цементного теста при добавлении в бетонную смесь цемента и увеличение объема дисперсной среды в ней, компенсирующие друг друга, послужили основой для установления **правила постоянства водосодержания**

Правило постоянства водосодержания: для улучшения удобоукладываемости увеличивают в смеси количество цементного теста, оставляя неизменным Ц/В, требуемое условиями прочности бетона

При изменении расхода цемента в бетоне от 200 до 400 кг/м³ при постоянном расходе воды, изменение подвижности бетонной смеси не наблюдается.

- **содержание цементного теста** при постоянных заполнителях, оптимальном отношении П/Щ и заданном Ц/В повышает удобоукладываемость бетонных смесей
- **качество цементного теста**

Влияние на свойства бетонной смеси цементного теста:

- чем больше цементного теста, тем больше подвижность бетонной смеси
- чем более жидкой является консистенция бетонной смеси, тем больше подвижность бетонной смеси

• **свойства цемента:**

применение цемента с более высокой нормальной плотностью понижает подвижность бетонной смеси (при $V = \text{const}$). Бетонные смеси, содержащие пуццолановый портландцемент с активной кремнеземистой добавкой, особенно осадочного происхождения (трепела, диатомита) при одном и том же расходе воды имеют значительно меньшую осадку конуса, чем смеси с обычным портландцементом

- **введение в цементное тесто заполнителей:** подвижность смеси уменьшается тем в большей степени, чем выше содержание заполнителя и его удельная поверхность

Принципиально улучшения удобоукладываемости без изменения водосодержания можно добиться замедлением коагуляционного структурообразования в бетонной смеси

Снижение эффекта коагуляционного структурообразования возможно:

- **введением в бетонную смесь добавок-пептизаторов**, действие которых сводится к повышению электрокинетического потенциала коллоидных частиц или образованию защитных оболочек вокруг них (слабые растворы электролитов: соляной кислоты, хлористого кальция, сернокислого окисного железа и др.; добавки, дающие защитные пленки нерастворимых химических соединений вокруг частиц- гипс, фосфорнокислый натрий, бура, сахара и др.)

Введение добавок отодвигает сроки схватывания цемента, но не устраняет вредного действия седиментации и оказывает сравнительно малое пластифицирующее действие, не обеспечивает значительного улучшения удобоукладываемости бетонных смесей.

- **введением в бетонную смесь органических добавок — пластификаторов**, создающих вокруг твердых частиц равномерные водные, гидрофобные или воздушные пленки, позволяющие ощутимо снизить количество воды затворения, не снижая удобоукладываемости смесей

ГОСТ 7473-2010 Смеси бетонные. Технические условия

4.3 Условное обозначение бетонной смеси заданного качества при заказе должно состоять из сокращенного обозначения бетонной смеси в соответствии с 4.1, класса бетона по прочности, марки бетонной смеси по удобоукладываемости и, при необходимости, других нормируемых показателей качества, например, марки по морозостойкости, марки по водонепроницаемости, средней плотности бетона и др., и обозначения настоящего стандарта.

Примеры условных обозначений:

бетонной смеси тяжелого бетона класса по прочности на сжатие *B25*, 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;

то же бетонной смеси легкого бетона класса по прочности на сжатие 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

Примечание - При заказе товарной бетонной смеси заданного качества потребитель должен указывать требования к прочности бетона по проектному классу (, , ,) и, при необходимости, по минимальной средней прочности бетона в каждой поставляемой партии (), а требования по удобоукладываемости - по маркам и, при необходимости, по конкретным значениям;

то же 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 (33 МПа) П1 (ОК 3 см) F200 W4 ГОСТ 7473-2010

4.4 При заказе бетонной смеси заданного состава ее условное обозначение не приводят, а указывают состав смеси и качество используемых при ее приготовлении составляющих (вяжущего, заполнителей, воды, химических и минеральных добавок). (Докипедия: ГОСТ 7473-2010 Смеси бетонные. Технические условия)