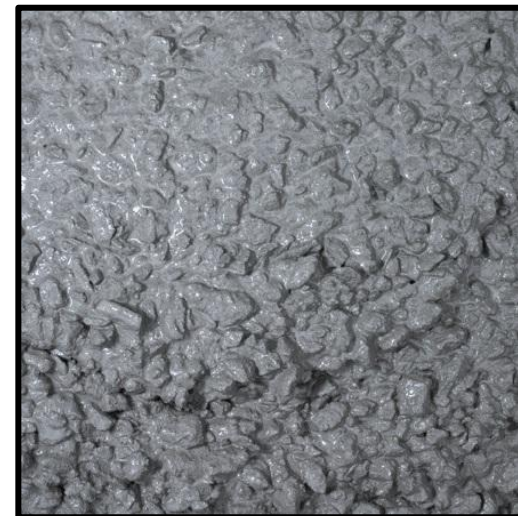


## ЛЕКЦИЯ 4.

### БЕТОННЫЕ СМЕСИ.

*Вопросы: Структура бетонной смеси  
Реологические свойства  
Технологические свойства*



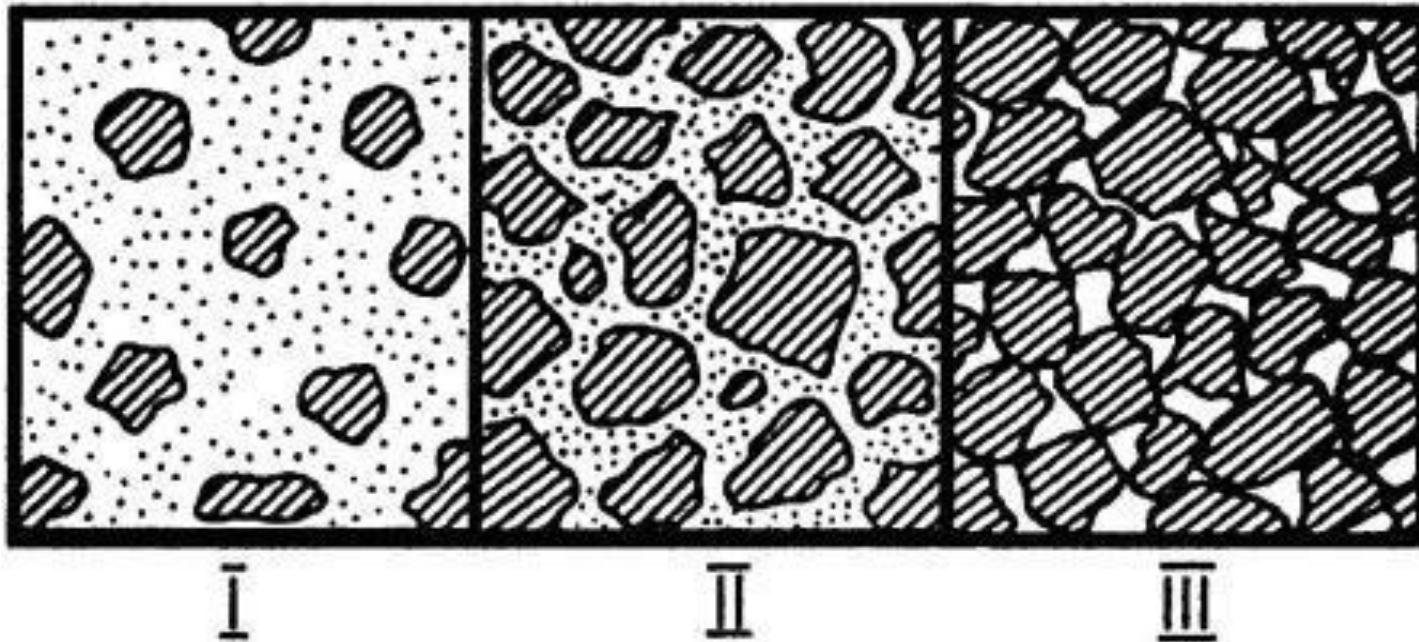
**Бетонная смесь представляет собой сложную многокомпонентную, полидисперсную систему; получается при затворении водой смеси цемента с заполнителем.**

**В нее также, в ряде случаев, могут входить специальные добавки и вовлеченный, в процессе приготовления смеси, воздух.**

**ГОСТ 7473-2010 СМЕСИ БЕТОННЫЕ ТУ  
ГОСТ 10181-2000 СМЕСИ БЕТОННЫЕ  
МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ**



## Структура бетонной смеси

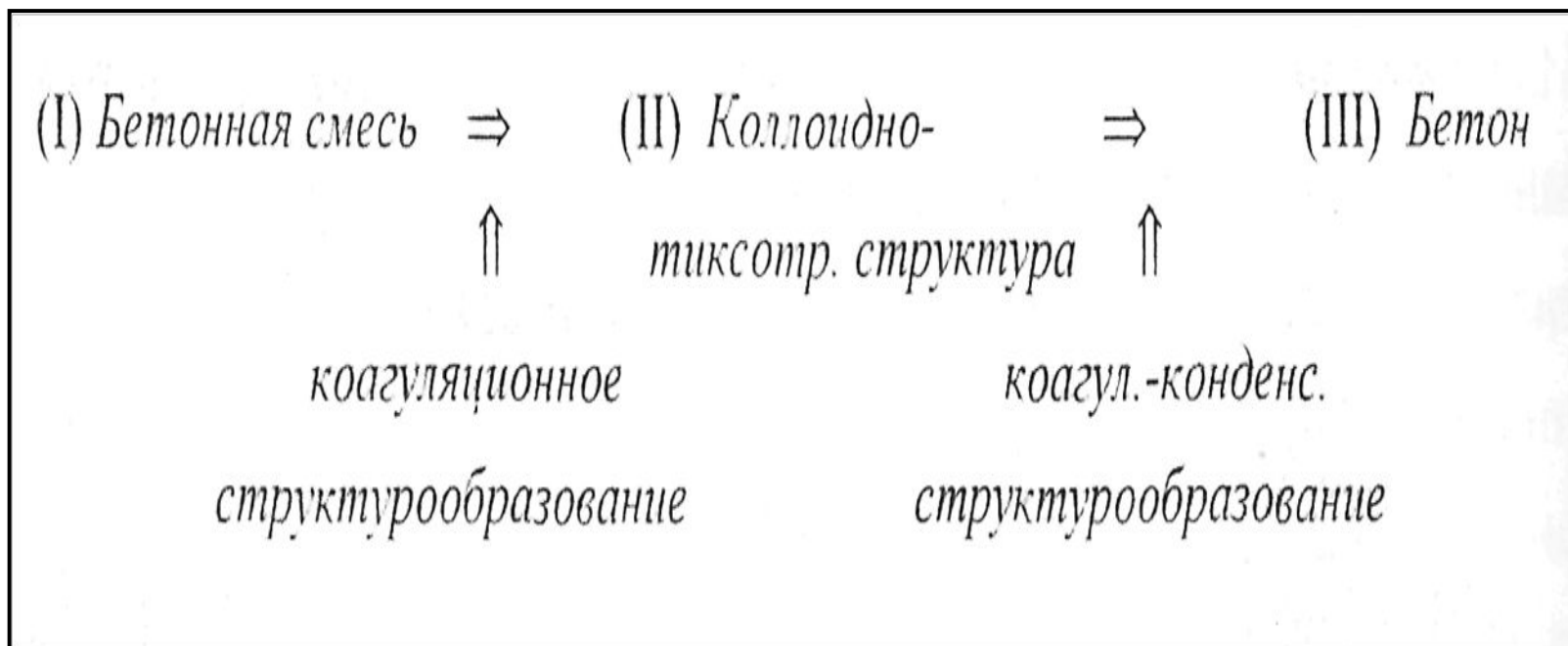
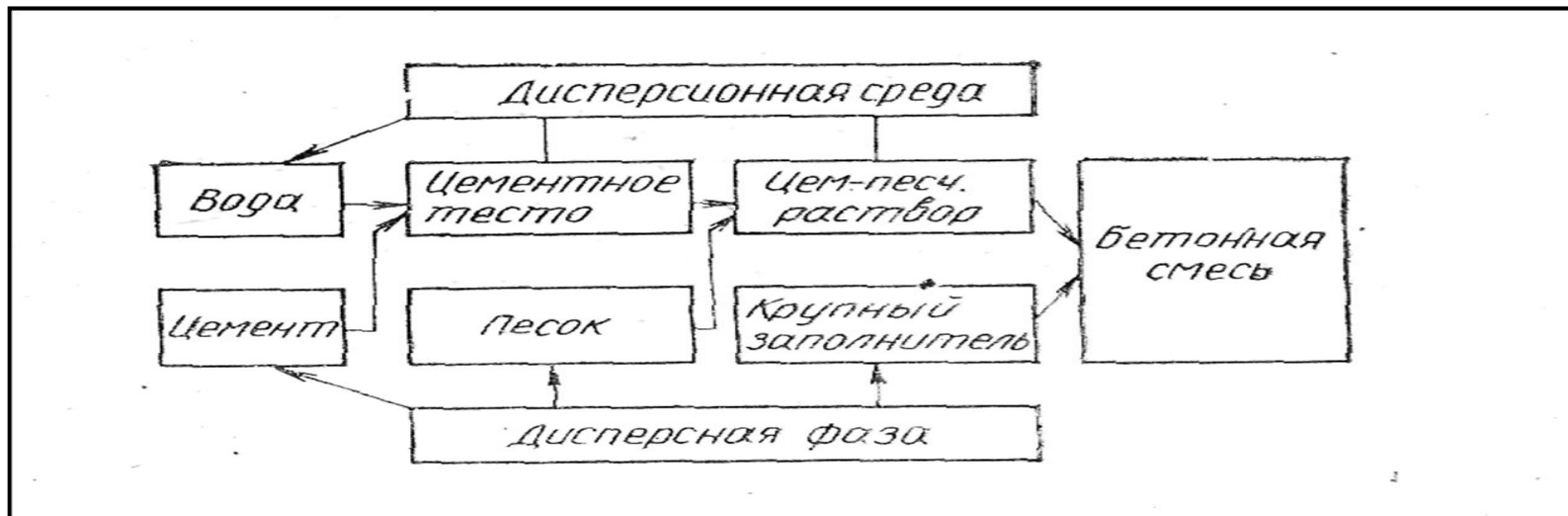


**Типы структур бетонной смеси:**

**I – смесь с плавающим заполнителем;**

**II – смесь с плотной упаковкой заполнителей;**

**III - крупнопористая смесь с недостатком цементного теста**



## Основные свойства бетонной смеси

**Тиксотропия** — способность разжижаться (т. е. приобретать свойства жидкого тела) при периодически повторяющихся механических воздействиях (например, вибрации) и вновь загустевать при прекращении этого воздействия.

Механизм тиксотропного разжижения заключается в том, что при вибрировании силы внутреннего трения между частицами уменьшаются, а коагуляционные структуры разрушаются и бетонная смесь становится текучей.

Это свойство широко используют при укладке и уплотнении бетонной смеси.

**Удобоукладываемость** — обобщенная техническая характеристика вязкопластичных свойств бетонной смеси. Способность бетонной смеси под действием определенных приемов и механизмов легко укладываться в форму и уплотняться, не расслаиваясь. Удобоукладываемость смесей в зависимости от их консистенции оценивают по подвижности или жесткости.

## Основные свойства бетонной смеси

**Подвижность** - способность пластичных смесей деформироваться под действием собственного веса. Характеризуется осадкой стандартного конуса, отформованного из испытываемой бетонной смеси.

ОК - (в сантиметрах) служит показателем подвижности.

**Жесткость** - характеристика удобоукладываемости бетонных смесей, у которых не наблюдается осадки конуса (ОК = 0). Ее определяют по времени вибрации в секундах), необходимому для выравнивания и уплотнения предварительно отформованного конуса из бетонной смеси с помощью специального прибора.

Время (в секундах), в течение которого смесь распределится в цилиндрической форме равномерно принимается за показатель жесткости смеси (Ж).

## Технологические свойства

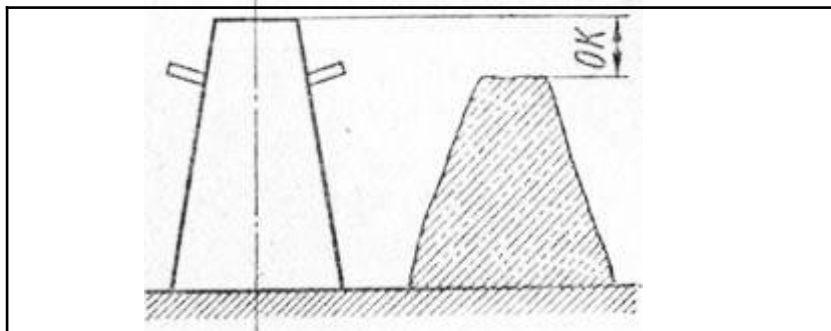


Схема определения подвижности бетонной смеси

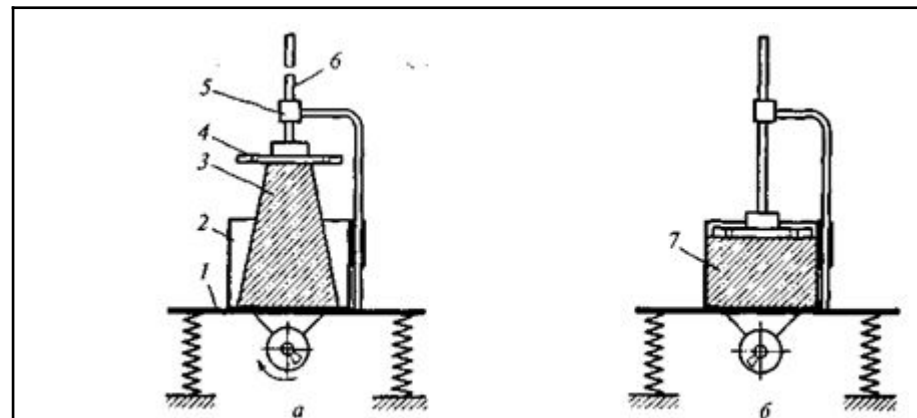


Схема определения жесткости (Ж) бетонной смеси:  
а — прибор в начальном положении; б — то же, в момент окончания испытаний

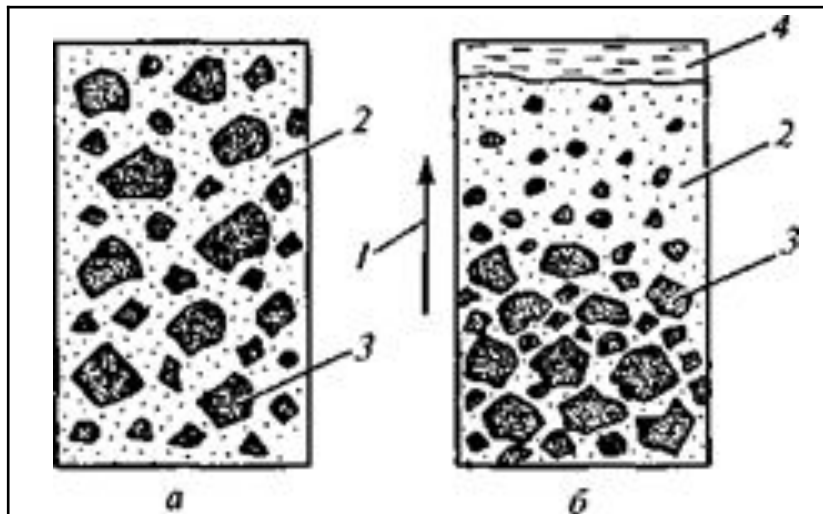
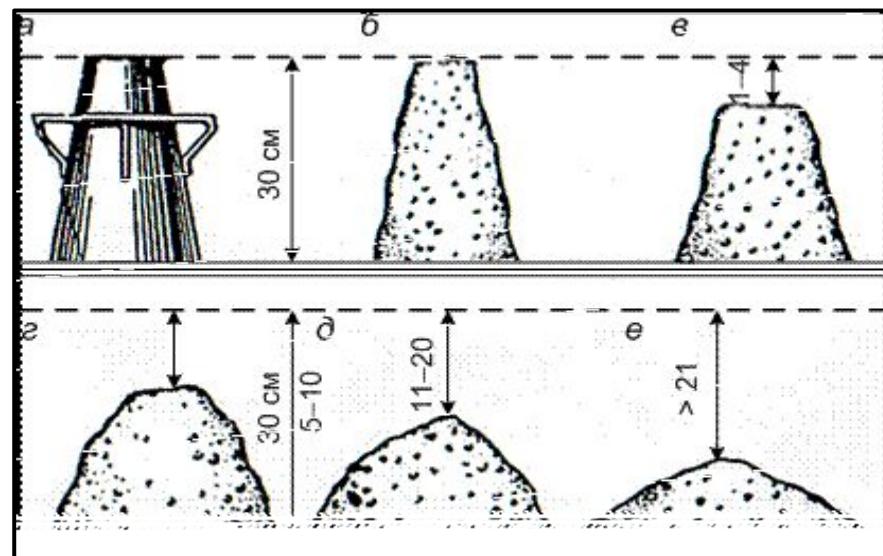


Схема расслоения бетонной смеси при длительных вибрационных воздействиях:



а — общий вид;  
б — жесткая смесь; в — малоподвижная; г — подвижная; д — очень подвижная; е — литая



## Марки бетонной смеси по удобоукладываемости

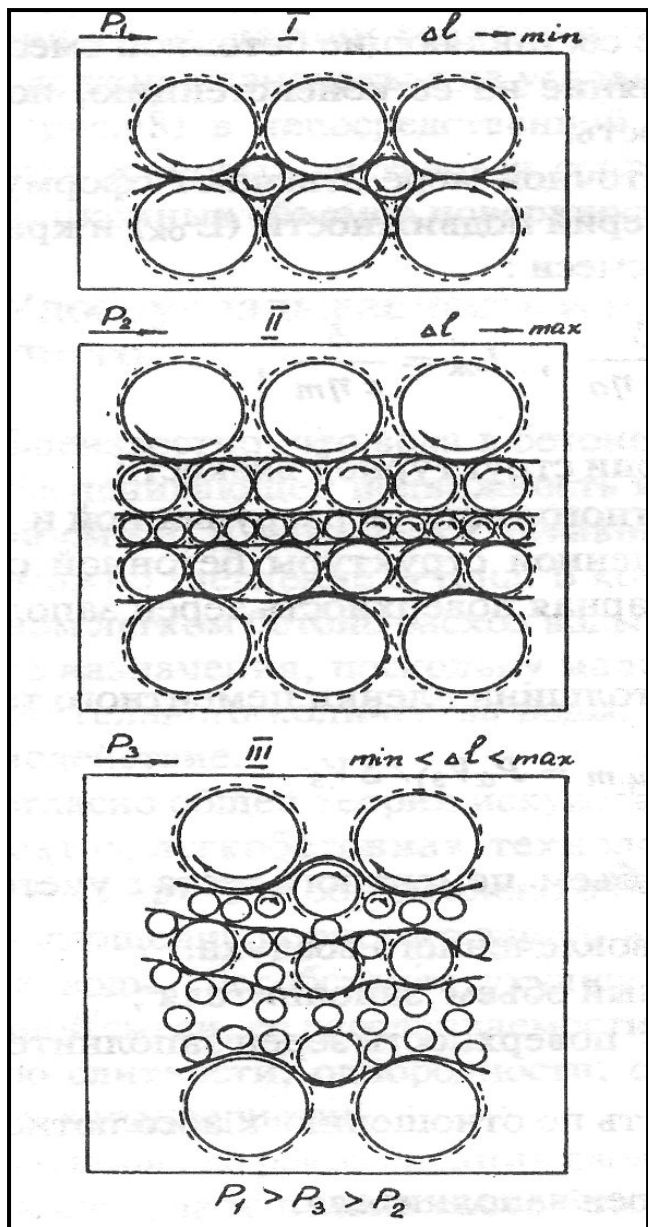
Марка	Норма удобоукладываемости по показателю		
	жесткости, с	подвижности, см	
		осадка конуса	распływ конуса
Сверхжесткие смеси			
СЖ3	более 100	-	-
СЖ2	51-100	-	-
СЖ1	50 и менее	-	-
Жесткие смеси			
Ж4	31-60	-	-
Ж5	21-30	-	-
Ж2	11-20	-	-
Ж1	5-10	-	-
Подвижные смеси			
Р1	4 и менее	1-4	-
Р2	-	5-9	-
Р3	-	10-5	-
Р4	-	16-20	26-30
Р5	-	21 и более	31 и более

Удобоукладываемость бетонной смеси зависит от:

- *водосодержания бетонной смеси*: повышение подвижности смеси на 1 см О.К. требует 3–5 л/м<sup>3</sup> воды;
- *наличия добавок* — пластификаторов — присутствие добавок позволяет получить смеси равной подвижности при сниженном до 30% (иногда более) количестве воды;
- *свойств цемента и заполнителей* (водопотребность, или нормальная густота, цемента и водопотребность заполнителей). Изменение нормальной густоты цемента на 1% изменяет водопотребность бетонной смеси на 3–5 л/м<sup>3</sup>. Изменение модуля крупности песка на 0,5 изменяет водопотребность бетонной смеси примерно на 5 л/м<sup>3</sup>. Водопотребность бетонной смеси возрастает при уменьшении крупности заполнителя, замене гравия щебнем;
- *температуры бетонной смеси* — повышение температуры бетонной смеси в диапазоне 15–40 °С повышает водопотребность примерно на 1 л/м<sup>3</sup> на каждый градус.



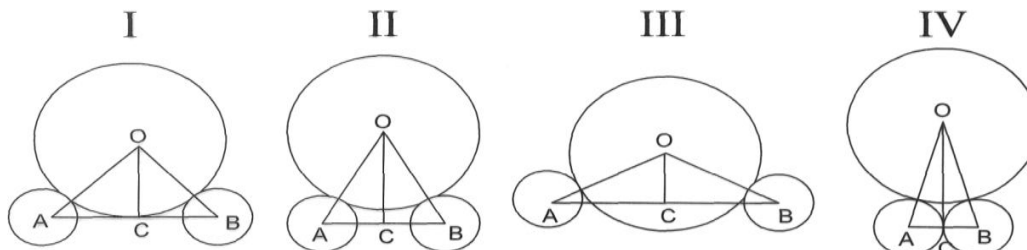
# Схема удобоукладываемости и оценка коэффициента раздвижки зерен заполнителя



## УДОБОУКЛАДЫВАЕМОСТЬ

$$\delta = (V_{ц.м.} - \rho_a V_3) / SV_3$$

$$V_{ц.м.} = \Pi / \rho_{ц.} + B + V_B$$



$$\frac{(OC)_3 < (OC)_1 < (OC)_2 < (OC)_4}{2,02 > 1,41 > 1,13 > 1}$$

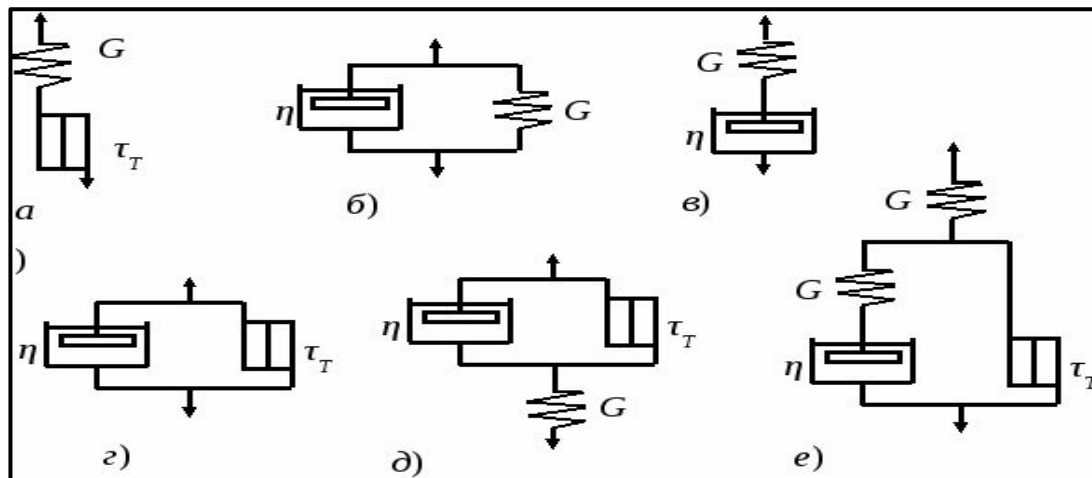
$$K_p = \frac{(OC)_4}{(OC)_1}$$

$$K_p = \frac{(V_{ц.м.} - \Pi') + rV_3}{(1-r)\Pi_{\kappa}V_3}$$

$$V_{ц.м.} = V_3 [K_p \Pi_{\kappa} (1-r) - r] + \Pi'$$

## Реологические свойства

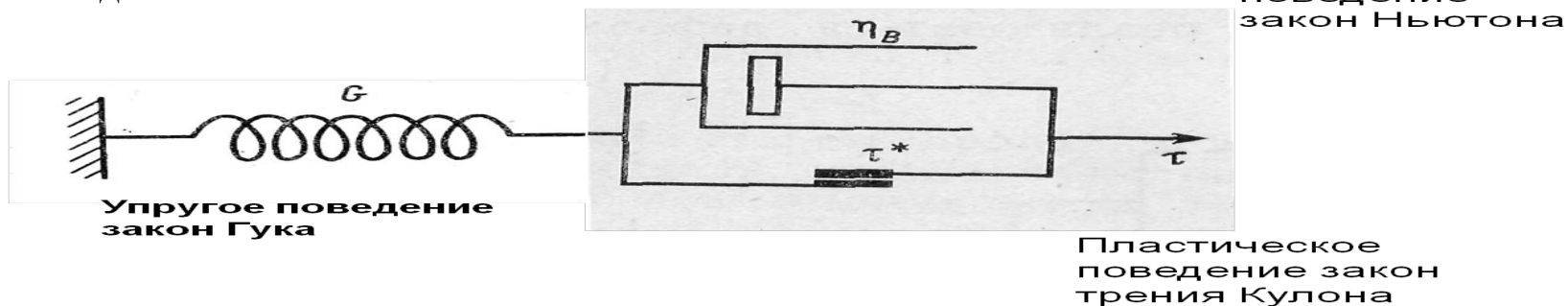
Реология (от греч. *rhéos* — течение, поток и... логия), наука о деформациях и текучести вещества. Реология рассматривает процессы, связанные с необратимыми остаточными деформациями и течением разнообразных вязких и пластических материалов



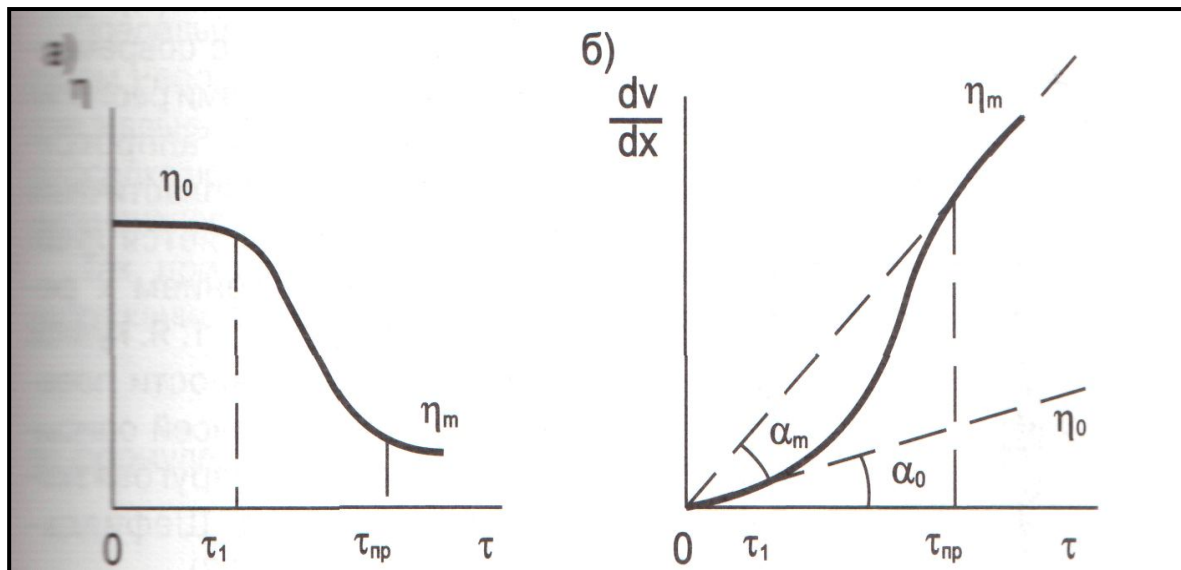
РЕОЛОГИЧЕСКАЯ «УПРУГО - ВЯЗКО - ПЛАСТИЧЕСКАЯ»  
МОДЕЛЬ БЕТОНА

Реологическая упруго – вязко-  
пластическая модель бетонной смеси.

Модель Бингама



## Реологическое уравнение Шведова - Бингама



**Изменение  
вязкопластических  
свойств бетонной смеси  
от напряжения сдвига**

**а – структурная  
вязкость  
б – скорость  
деформаций течения  
а - углы вязкости  
системы**

**$\tau$  - предельное  
напряжение сдвига  
 $\eta$  - пластическая  
вязкость  
неразрушенной и  
разрушенной структуры**

$$\tau = \tau_{пр} + \eta_m \frac{dV}{dx}$$

# РЕОЛОГИЯ БЕТОННОЙ СМЕСИ

$$\mathcal{J} = \eta_0 \exp(ax + by - cz)$$

$$\mathcal{J} = \eta_{u.m.} \exp(r + V_3 - K_p c_p)^{-1}$$

$$G = (r + V_3 - K_p c_p)$$

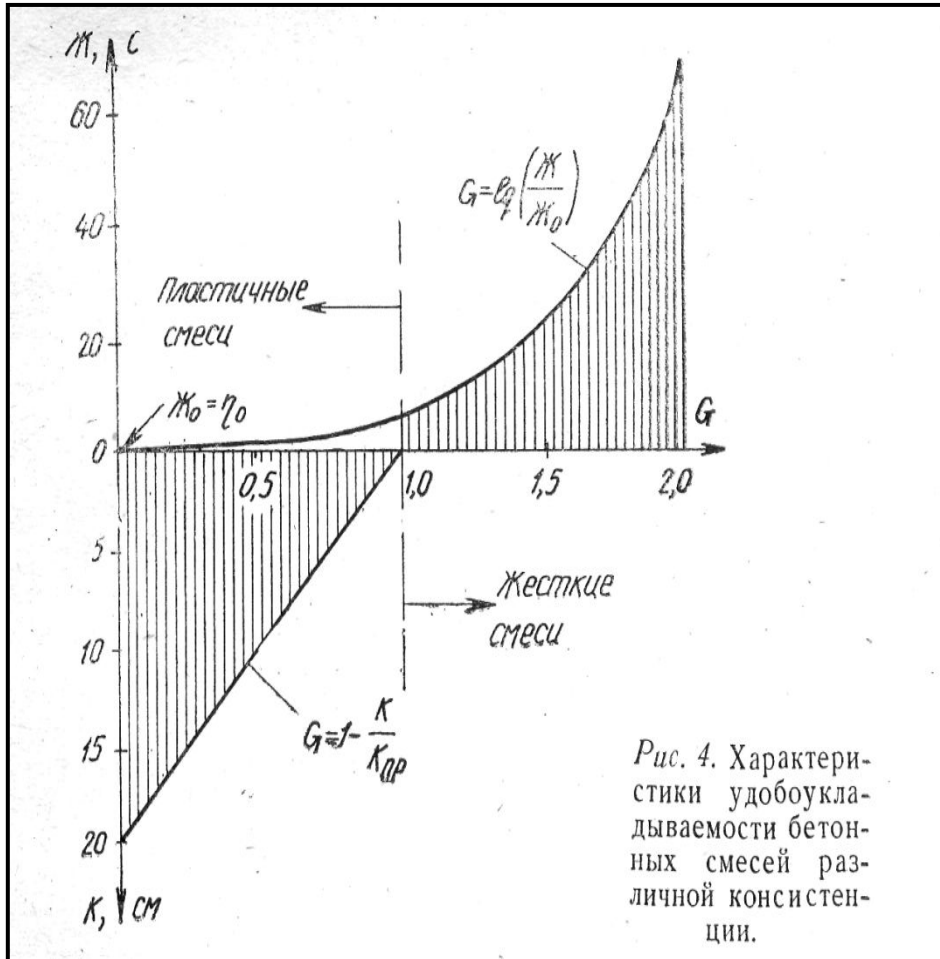
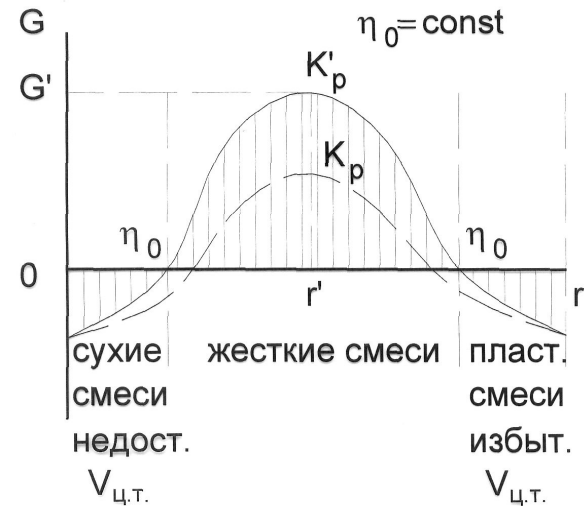
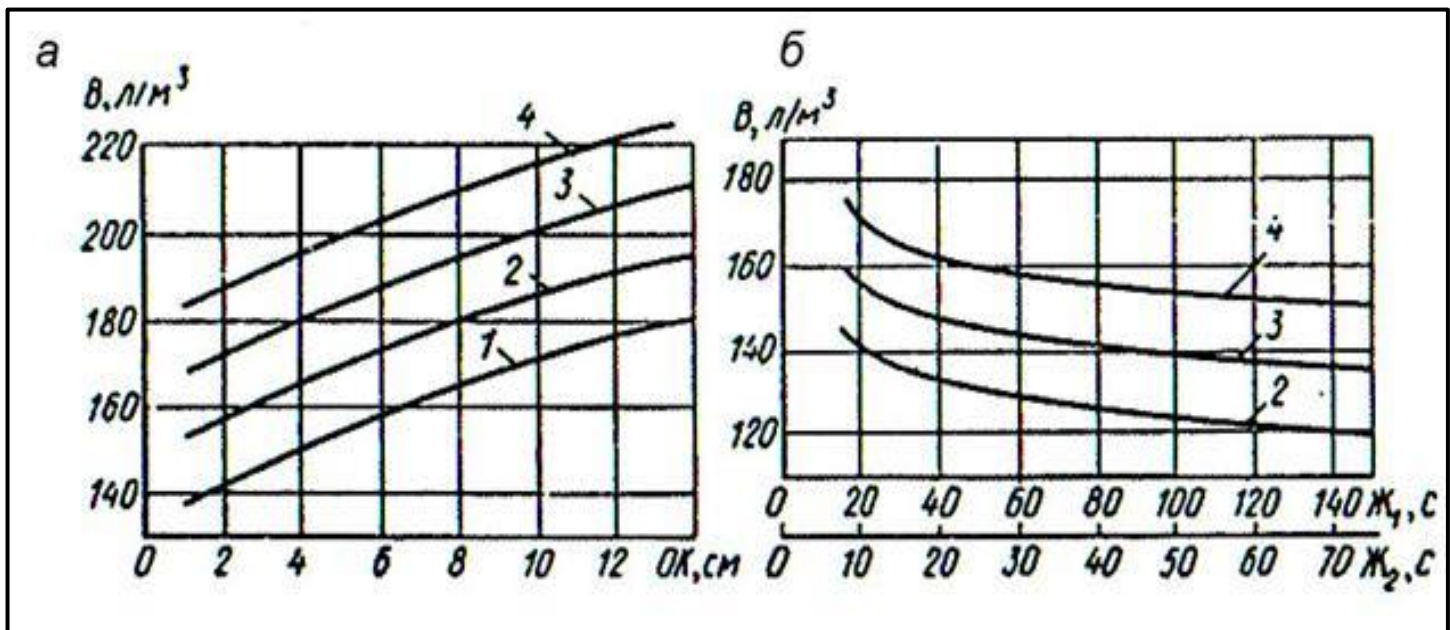


Рис. 4. Характеристики удобоукладываемости бетонных смесей различной консистенции.

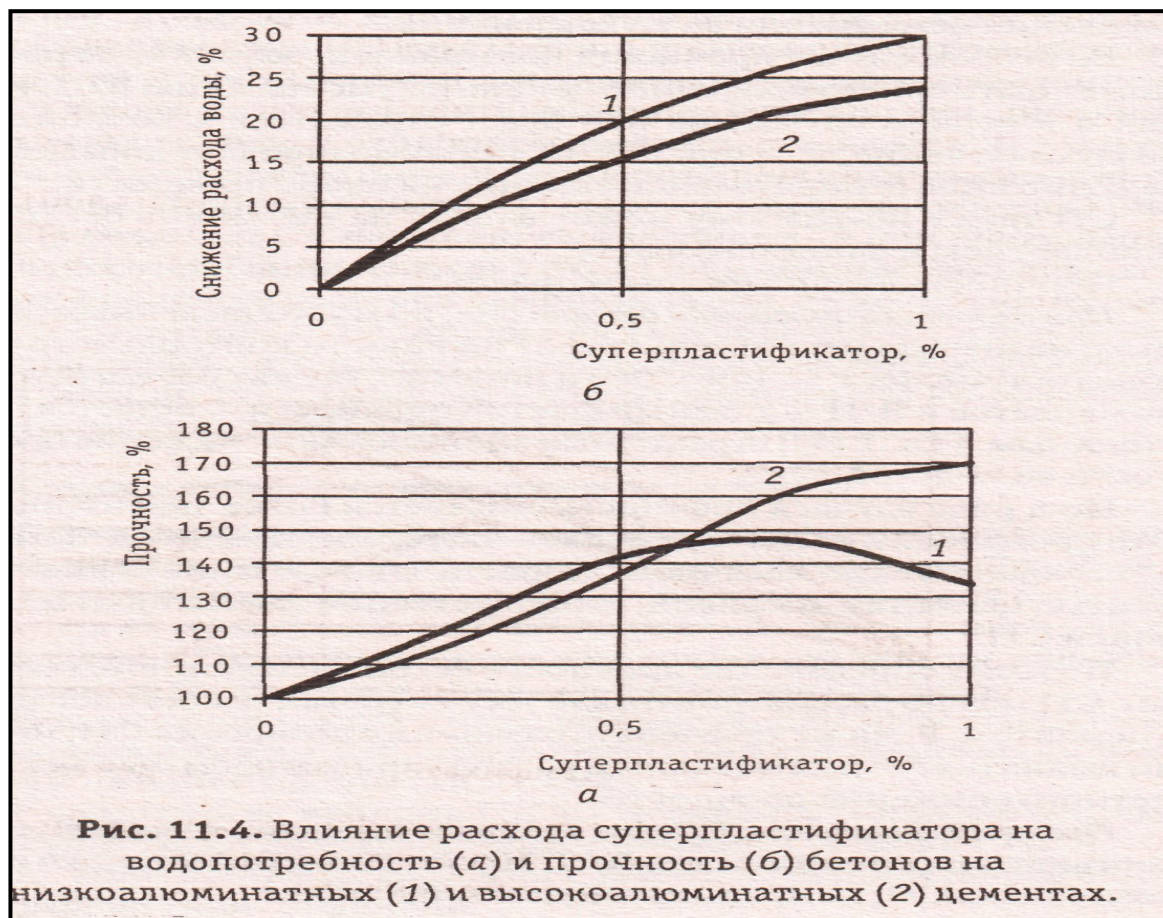




**График водопотребности  $V$   
пластичной (а) и  
жесткой (б) бетонной смеси**

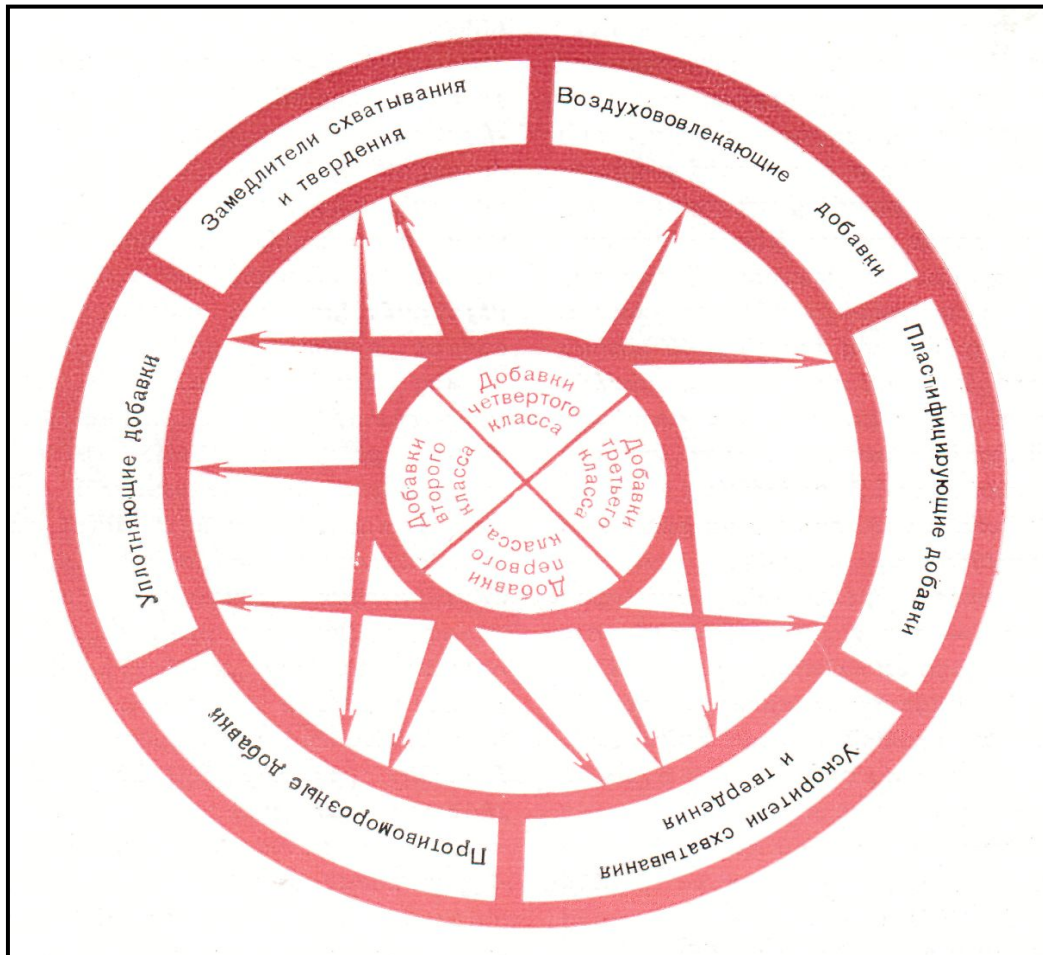
## Добавки в бетонную смесь

Под добавками для бетонов и строительных растворов в соответствии с ГОСТ 24211-2003 понимаются различные продукты, вводимые в бетонные и растворные смеси с целью улучшения их технологических свойств, повышения строительнотехнических свойств бетонов и растворов и придания им новых свойств.



**1-я группа – тонкомолотые минеральные добавки.**

**2-я группа – химические вещества**



**1-й класс – добавки регулирующие свойства бетонной смеси-пластификаторы**

**-2-й класс – добавки регулирующие схватывание – ускорители, замедлители**

**-3-й класс – добавки регулирующие плотность и пористость**

**-4-й класс – добавки придающие бетону специальные свойства**

**Введением в состав бетонной смеси химических добавок в виде отдельных продуктов или их сочетаний достигается один или одновременно несколько показателей эффективности:**

**а) снижение расхода цемента до 12% или повышение прочности бетона в проектном возрасте до 25%;**

**б) улучшение технологических свойств бетонной смеси (удобоукладываемость, однородность, нерасслаиваемость и др.);**

**в) регулируемость потери подвижности бетонной смеси во времени, скорости процессов схватывания, твердения, тепловыделения;**

**г) сокращение продолжительности тепловлажностной обработки изделий до 40%, ускорение сроков распалубливания и загрузки монолитных конструкций;**

**д) придание уложенному бетону способности твердения в зимнее время без обогрева или прогрева при охлаждении его до минус 25°C;**

**е) повышение морозостойкости бетона в 2–3 раза и более;**

**ж) повышение плотности и непроницаемости бетона на 1–2 марки;**

**з) повышение стойкости бетона и железобетона в различных агрессивных средах.**



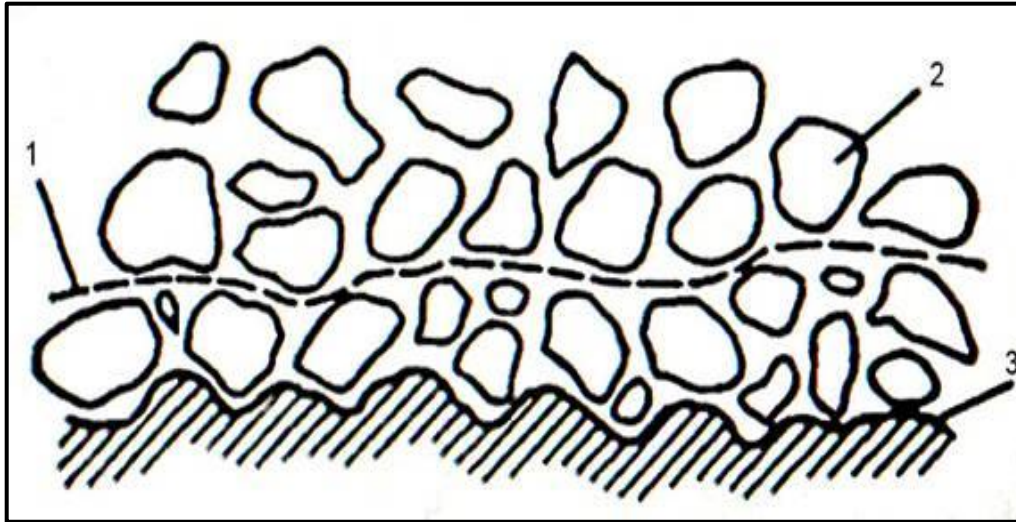
**Схема образования плоскостей  
скольжения в контактной зоне**

**бетонной смеси вблизи  
поверхности заполнителя:**

**1 – плоскость скольжения;**

**2 – зерна цемента;**

**3 – поверхность заполнителя**



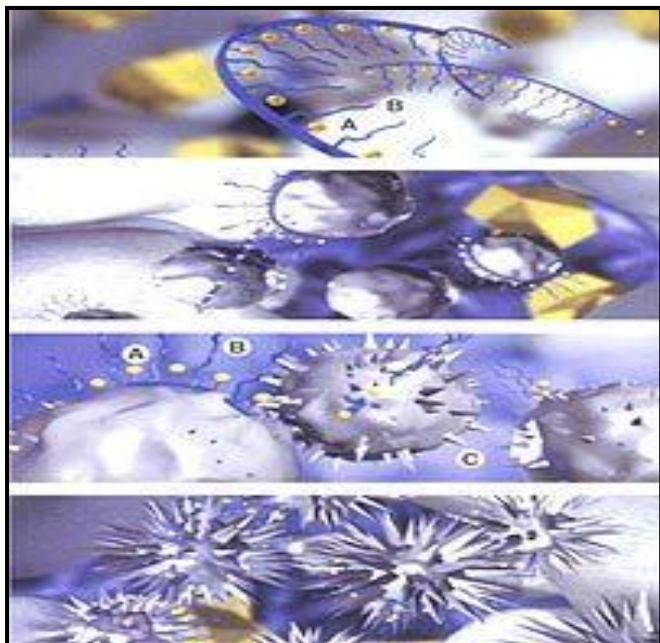
**ЛИГНОПАН Б-1 – высокоактивный пластификатор на основе лингосульфонов, эфиров целлюлозы и акриловых сополимеров для бетонов и строительных растворов.**

**Использование этой добавки позволяет:**

- повысить прочность бетона на 25–45%;
- снизить содержание воды в бетоне на 15–25%;
- повысить класс по водонепроницаемости на 2 ступени;
- повысить класс по морозостойкости на 2 ступени;
- снизить водоотделение бетонной смеси до 0%;
- повысить сохраняемость подвижности бетонной смеси до 4–6 часов.

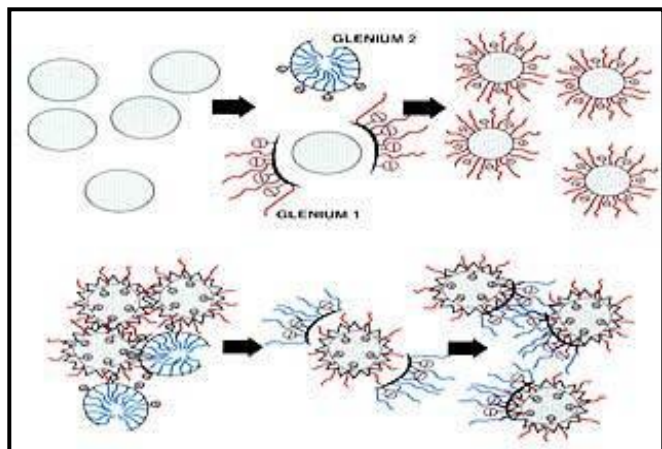
**Лигнопан Б-1 применяется в производстве высокоподвижного товарного бетона. Расход добавки составляет 0,15-0,3% в пересчете на сухие вещества от массы цемента.**

## Механизм действия ПАВ в бетоне.



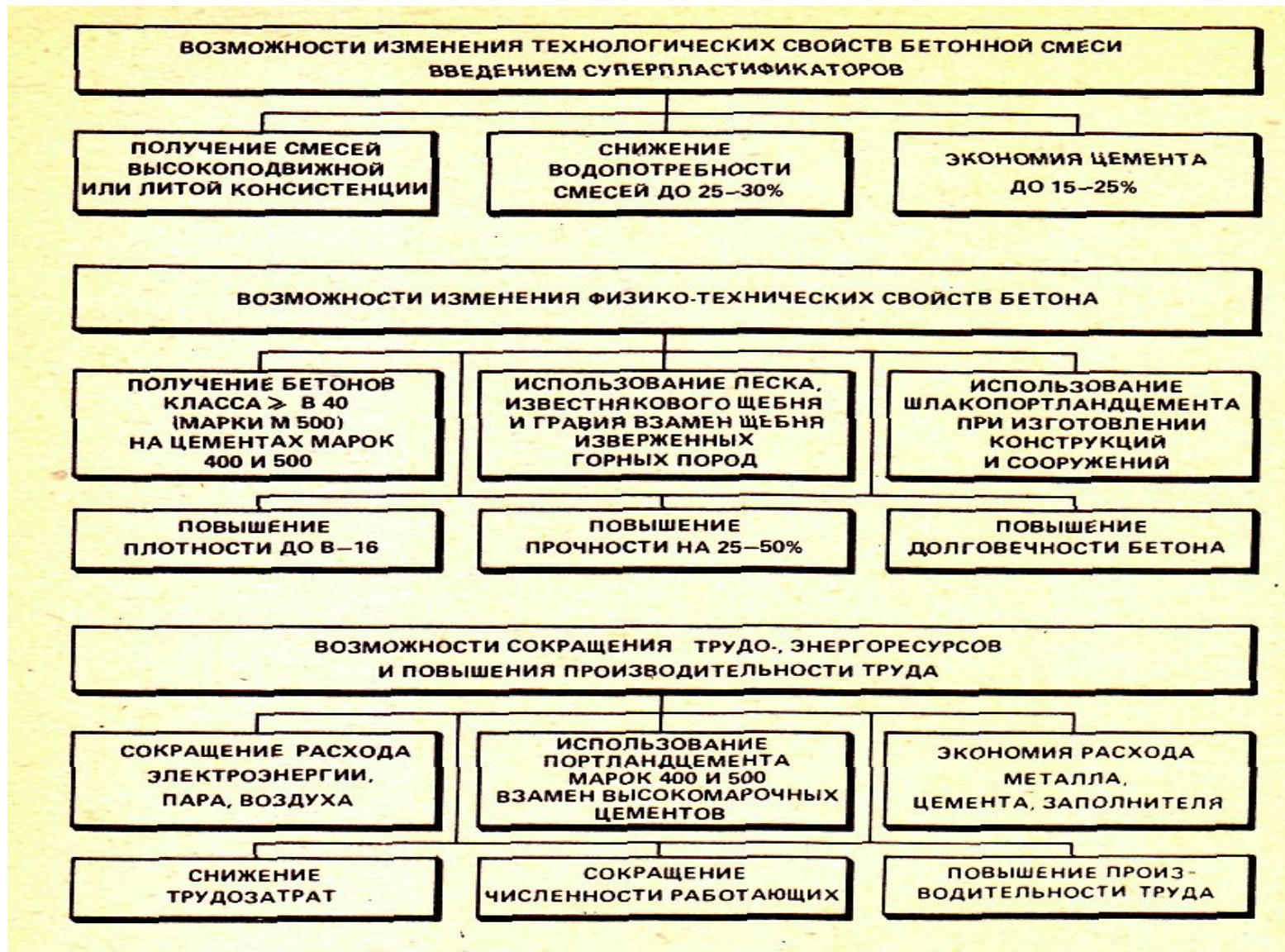
Механизм действия суперпластификатора, относящегося к категории ПАВ, заключается в его адсорбции на поверхности гидратирующихся цементных частиц и пылевидных фракций песка с образованием мономолекулярного слоя, снижающего внутреннее трение в системе «цемент — заполнитель — вода».

При затворении бетона молекулы ПАВ окружают смоченные частицы цемента и не мешают дальнейшей гидратации. Потом длинные цепи образуют «ежик», что разводит частицы цемента на определенное расстояние при полной гидратации и отсутствии комков.





# Модифицирование бетонных смесей суперпластификаторами



**ВОПРОСЫ ?**

**БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ !**