

Причины возникновения дефектов в КОНСТРУКЦИЯХ

Факторы физического износа

Ошибки в процессе проектирования

Некачественные материалы

Воздействие окружающей среды

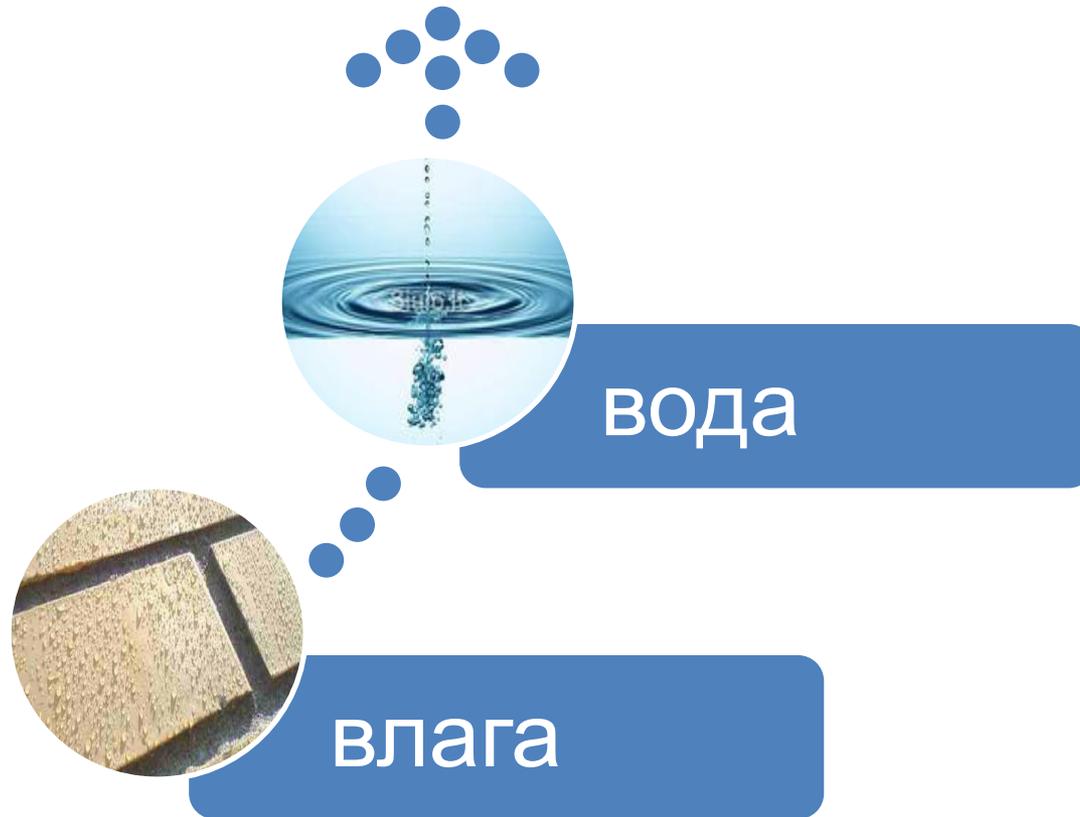
Изменение условий эксплуатации

Некачественное выполнение ремонтных работ

Форс-мажор

Совокупность факторов

Процесс накопления повреждений активизируется при наличии:





Воздействия окружающей среды

Карбонизация

Замораживание
и
оттаивание

Хлориды
Сульфаты

Реакция между
щелочным
составляющим
и
заполнителем

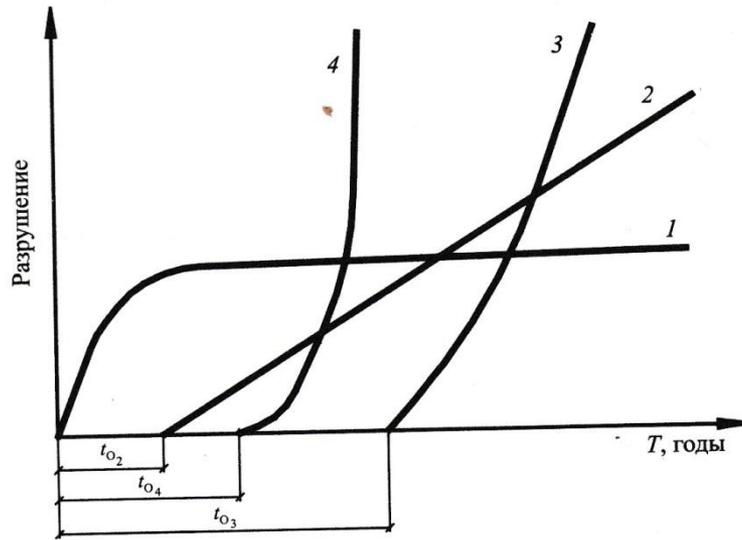


Рис. 1. Упрощенный механизм разрушения бетонных конструкций:
 1 — карбонизация; 2 — воздействие замораживания/оттаивания; 3 — коррозия арматуры под воздействием хлоридов; 4 — воздействие сульфатов и реакция между щелочными составляющими цемента с кремнеземом заполнителя в бетоне; $t_{O_2}, t_{O_3}, t_{O_4}$ — периоды ожидания

Математически эти процессы можно выразить следующим образом:

$$1 — d = kt^{1/2};$$

$$2 — d = t_{O_2} + kt;$$

$$3 — d = t_{O_3} + kt^a,$$

Следует отметить, что в природе процесс происходит под действием нескольких совместно происходящих воздействий



Серьезные деформации

Появление
значительного
объема
трещин

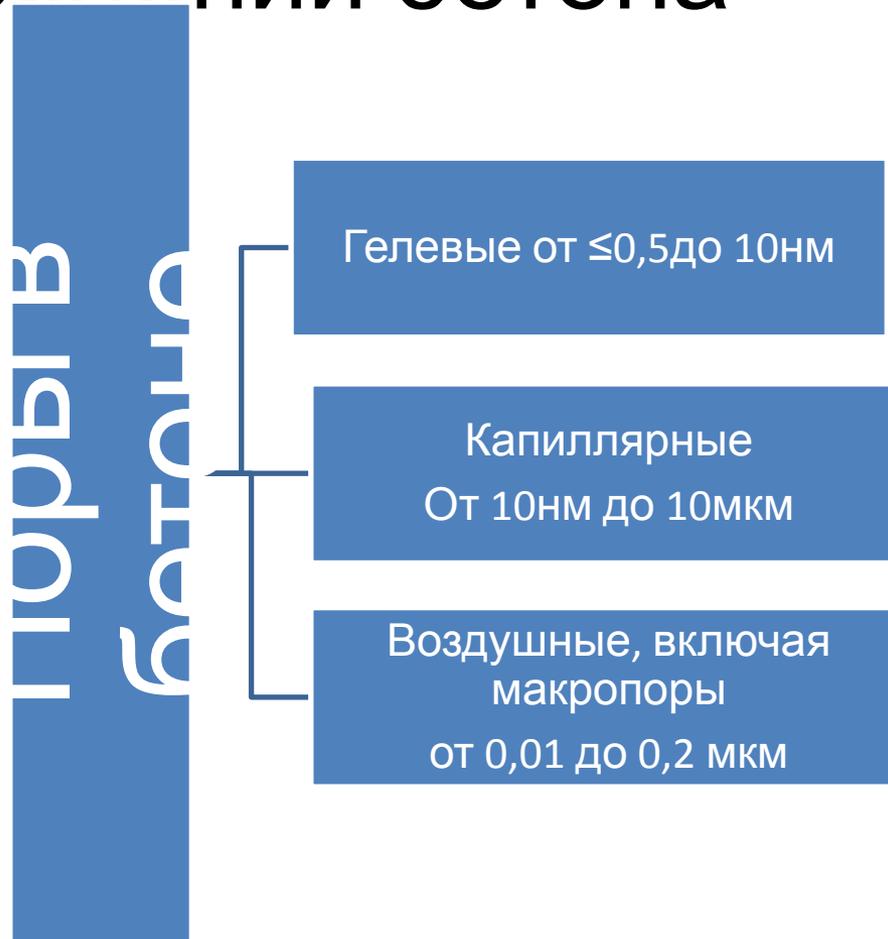
Изменение
внешнего
вида

Требуется кап.
ремонт

Дефекты конструкций, получаемые при укладке и твердении бетона

Пористость в бетоне и ее характер играют серьезную роль в его долговечности.

При замерах чаще всего классифицируют открытую пористость = поглощение воды при $t=20^{\circ}\text{C}$



По показателю открытой пористости/общей пористости бетоны делят на три группы

Зависимость качества бетона от характеристики открытой пористости

Качество бетона	Открытая пористость бетона	Показатель открытой пористости, %
Хорошее	Низкая	< 4
Среднее	Средняя	4—6
Плохое	Большая	> 6

Таблица 2

Зависимость качества бетона от его общей пористости

Качество бетона	Пористость бетона	Общая пористость, %
Хорошее	Низкая	< 10
Среднее	Средняя	10—15
Плохое	Большая	> 15

Состояние
поровой
структуры
бетона

Вид цемента

Возраст
цементного
камня

Условия
твердения

Добавки

В/Ц

Степень
гидратации

Основные факторы, определяющие проницаемость бетона



Сорбционная способность- показатель качества

- Сорбция-способность материала поглощать вещества из окружающей среды тесно связанная со структурой и объемом пор в бетоне.

Зависимость качества бетона от его сорбционной способности

Качество бетона	Сорбционная способность, мм/мин ^{1/2}	Подъем воды по высоте через 4 ч, мм
Хорошее	< 0,1	< 10
Среднее	0,1—0,2	10—20
Плохое	> 0,2	> 20

Адсорбционная способность

- Адсорбция-способность поверхностного слоя материала поглощать влагу из окружающей среды

Качество бетона	Адсорбция	Тест на адсорбцию (ISAT), мл/м ² /с, во времени				2 ч кумулятивной адсорбции, мл/м ²
		10 мин	30 мин	1 ч	2 ч	
Хорошее	Хорошая	< 0,25	< 0,17	< 0,10	< 0,07	< 1000
Среднее	Средняя	0,25– 0,50	0,17– 0,35	0,10– 0,20	0,07– 0,15	1000– 2000
Плохое	Плохая	> 0,50	> 0,35	> 0,20	> 0,15	> 2000

Основной показатель плотности бетона- водонепроницаемость

- СП 28.13330.2012 характеризует водонепроницаемость бетона прямыми и косвенными показателями

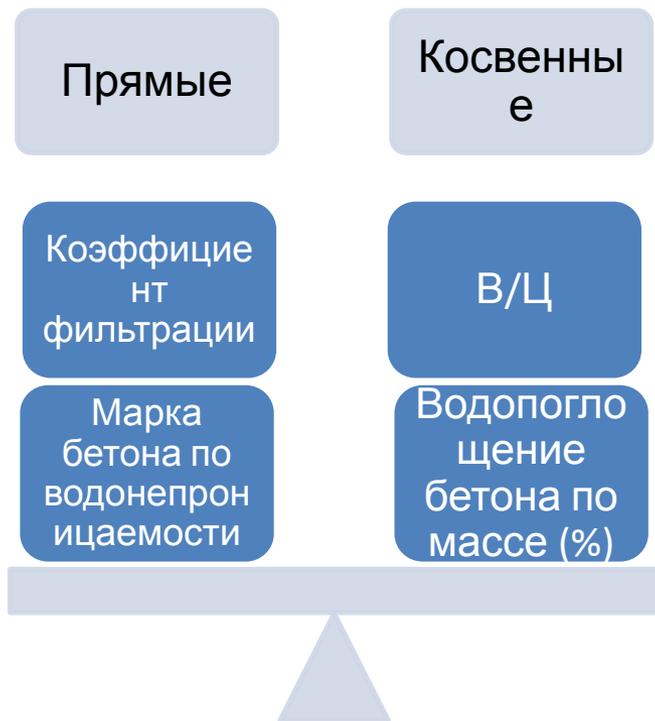


Таблица 5

Кoeffицие нт фильтрации K_f , см/с (ГОСТ 12730.5—84)	Марка бетона по водонепроницаемости («мокрое пятно»)
Более $7 \cdot 10^{-9}$ до $2 \cdot 10^{-8}$	W2
Более $2 \cdot 10^{-9}$ до $7 \cdot 10^{-8}$	W4
Более $6 \cdot 10^{-10}$ до $2 \cdot 10^{-9}$	W6
Более $1 \cdot 10^{-10}$ до $6 \cdot 10^{-10}$	W8
Более $6 \cdot 10^{-11}$ до $1 \cdot 10^{-10}$	W10
$6 \cdot 10^{-11}$ и менее	W12

Коэффициент фильтрации

$$K_f = \frac{d^2 v}{2th}, \quad (1)$$

где h — высота столба воды; v — объемная доля пустот, заполняемых водой при проведении измерения; t — время проникновения воды на глубину d .

$$K_f = \frac{dM}{2th}. \quad (2)$$

При проведении испытаний на измерение объема профильтровавшей через образец воды коэффициент K_f (см/с) определяется по формуле

$$K_f = \frac{Q\mu L}{A(P_1 - P_2)}, \quad (3)$$

где Q — объемная скорость течения; L — длина образца; A — площадь поперечного сечения; P_1, P_2 — давление над и под образцом; μ — вязкость воды.

Аналогичное решение по определению коэффициента фильтрации K_f (см/с) отдельного образца принимается по ГОСТ 12730.5—84:

$$K_f = \frac{\eta Q \delta}{S \tau p}, \quad (4)$$

где Q — масса фильтрата, Н; δ — толщина образца, см; S — площадь образца, см²; τ — время испытания образца, в течение которого измеряют массу фильтрата, с; p — избыточное давление, МПа; η — коэффициент вязкости воды при различной температуре, принимается $\eta = 1,0$ при 20 °С. Коэффициент уменьшается с увеличением температуры и увеличивается с ее

Определение

ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТИ

- Тест Карстона



- Метод Р. Торрента

Зависимость качества бетона от его газопроницаемости
(по Р. Торренту)

Качество бетона	Газопроницаемость	Газопроницаемость, м/с
Хорошее	Низкая	$< 2 \cdot 10^{-18}$
Среднее	Средняя	$2 \cdot 10^{-18} - 2 \cdot 10^{-17}$
Плохое	Высокая	$> 2 \cdot 10^{-17}$

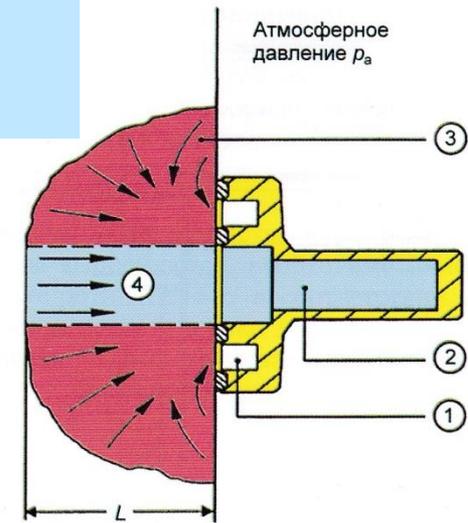


Рис. 3. Двухкамерный вакуумный элемент:
1 — внутренняя камера, давление p_i ; 2 — внешняя камера, давление p_o ($p_o = p_i$);
3 — воздушный поток во внешнюю камеру; 4 — воздушный поток во внутреннюю камеру; L — глубина образования вакуума, мм

Важный показатель качества бетона – стойкость к диффузии ионов хлора

- Коэффициент диффузии хлоридов меняется при его твердении и наборе прочности. Чем выше прочность и дольше время твердения при нормальном влажностном режиме, тем меньше коэффициент

Зависимость качества бетона от коэффициента диффузии хлоридов

Качество бетона	Проницаемость	Коэффициент диффузии хлоридов, м ² /с
Хорошее	Низкая	$< 1 \cdot 10^{-12}$
Среднее	Средняя	$1 \cdot 10^{-12} — 5 \cdot 10^{-12}$
Плохое	Высокая	$> 5 \cdot 10^{-12}$

Таблица 10

Зависимость коэффициента диффузии хлоридов от прочности и времени твердения бетона [8]

Время твердения бетона, сут.	Прочность на сжатие, МПа	Коэффициент диффузии хлоридов, м ² /с · 10 ⁻¹²
3	45,3	19,5
7	52,6	13,9
14	59,5	8,6
28	68,6	6,2

Контроль за электрохимическими процессами:

- Данные процессы приводят к коррозии арматуры разрушению конструкции

Осуществляется контроль :

- потенциала арматуры
- величины тока
- электрического удельного сопротивления



Показание электродного потенциала бетона по сравнению с электродом CuSO_4 , мВ	Прогнозируемая коррозионная активность
Менее отрицательное, чем -200	90—95 % вероятности отсутствия коррозии
-200... -350	До 50 % вероятности коррозии
Более отрицательное, чем -350	90—95 % вероятности коррозии

Стандартные диапазоны значений потенциала стали (в мВ) в бетоне в сопоставлении с насыщенным медно-сульфатным электродом

Состояние бетона	Потенциал стали, мВ
Водонасыщенный без кислорода	-900... -1000
Влажный, загрязненный хлоридами	-400... -600
Влажный без хлоридов	+100... -200
Влажный, карбонизированный	+100... -400
Сухой карбонизированный	- 200... 0
Сухой	0... +200

Электрическое удельное сопротивление указывает на вероятность наличия коррозии арматурного каркаса

- Существуют по европейским нормам зависимости между электрическим удельным сопротивлением и опасностью возникновения коррозии:

Таблица 15

Зависимость между электрическим удельным сопротивлением бетона и вероятностью коррозии арматуры [10]

Электрическое удельное сопротивление бетона ρ , кОм·см	Вероятность коррозии
> 100	Пренебрежимо малая
100—50	Низкая
50—10	Умеренная
< 10	Высокая

Таблица 16

Зависимость между электрическим удельным сопротивлением и скоростью коррозии депассивированной стальной арматуры [8]

Электрическое удельное сопротивление бетона ρ , кОм·см	Вероятность скорости коррозии
< 5	Очень высокая
5—10	Высокая
10—20	Низкая/средняя
> 20	Низкая