

Оценка прочности материала и нагрузок

Общие сведения

В зависимости от точности применяемого метода определения прочности и объема испытаний устанавливают:

- соответствие материала определенному классу по прочности;
- фактическую нормативную и расчетную прочность отдельного элемента (например, усиливаемого);
- фактические нормативные и расчетные значения прочности материала для группы (партии) конструкций.

Для решения 1-й и 2-й задач применяются, как правило, нестатистические методы анализа результатов испытания, для решения 3-й задачи необходимо использование статистических методов анализа.

В зависимости от материала испытываемого элемента, имеющегося арсенала приборов, возможностей организации, проводящей обследование, и состояния конструкций определение фактической прочности материала проводится:

- **разрушающими** методами путем отбора проб, заготовок с последующим изготовлением из них стандартных образцов и испытанием до разрушения в лабораторных условиях (иногда их называют **методами отбора проб** или **прямыми**);
- **неразрушающими** методами, позволяющими установить прочность материала непосредственно в натуральных условиях, основанных на измерении косвенных характеристик материала (плотности, твердости, сопротивления локальному разрушению и пр.), имеющих статистическую связь с его прочностью (иногда называют испытаниями **без отбора проб** или **косвенными**).

Статистическая оценка прочности материала

В этом случае среднее значение вычисляется

$$R_m = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n R_i;$$

Среднеквадратическое отклонение

$$S_{\kappa} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^n (R_i - R_m)^2};$$

где R_1 - прочность 1-го образца,

N - количество испытанных образцов (испытаний).

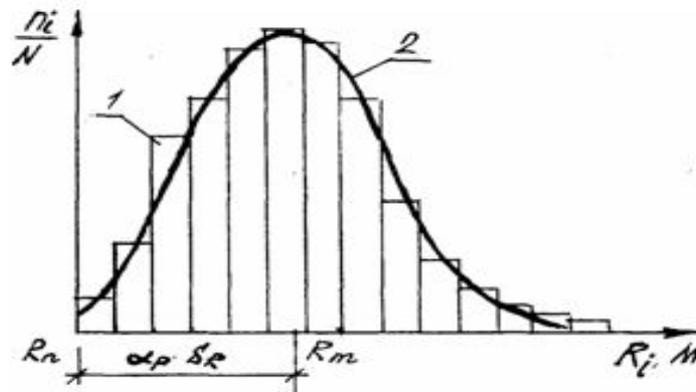


Рис. 4.1. Распределение прочности бетона:

эффициент вариации, определяемый

$$V_{\kappa} = \frac{S_{\kappa}}{R_m}.$$

Установление нормативного и расчетного сопротивления материала

Минимальная прочность (нормативное сопротивление с обеспеченностью P)

Нормативное сопротивление
при нормальном распределении
и доверительной вероятности
 $P = 0,95$

$$R_n = R(P) = R_m - \alpha_p \cdot S_R$$

$$R_n = R_m - 1.65 \cdot S_R$$

ИЛИ
$$R_n = R_m (1 - 1.65 \cdot \nu_R)$$

Нормативное сопротивление при
учете объема выборки

$$R_n = R_m (1 - \alpha_p \cdot \alpha_n \cdot \nu_R),$$

Расчетное сопротивление

$$R = \frac{1}{\gamma_m} \cdot R_n.$$

Расчетное сопротивление более предпочтительно устанавливать статистическим путем при $P = 0,998$

Оценка прочности стали

Исследованиями и испытаниями устанавливаются следующие показатели сталей:

- химический состав;
- предел текучести, временное сопротивление и относительное удлинение;
- ударная вязкость для температур, соответствующих группе конструкций и климатическому району до или после механического старения (ГОСТ 9454-78*).

Ввиду относительно небольшой трудоемкости, определение физико-механических свойств стали, как правило, проводят путем отбора проб.

Оценка прочности стали

Места испытаний стальных конструкций.
Принимаются в наименее нагруженных участках

Число элементов и проб от одной партии металла

Вид испытаний	Число элементов, проверяемых в партии	Число проб	
		от элемента	всего от партии
Химический анализ	3	1	3
Испытания на растяжение	2 (10)	1	2 (10)
Испытания на ударную вязкость	2	3	6
Отпечаток по Бауману	2	1	2

В скобках - число элементов и проб при статистической оценке

Оценка прочности бетона

Нормативное обеспечение

- ГОСТ Р 53231-2008. Бетоны. Правила контроля и оценки прочности.
- СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений.

Схемы контроля прочности по ГОСТ Р 53231-2008

- **Схема А** – для нескольких партий конструкций не менее 30 участков (статистическая оценка);
- **Схема Б** – для 1 партии конструкций, не менее 15 участков (статистическая оценка);
- **Схема В** – для 1 партии конструкций неразрушающими испытаниями не менее 20 участков (статистическая оценка);
- **Схема Г** – для единичных конструкций не менее 6 участков (нестатистическая оценка).

Контроль прочности бетона конструкций эксплуатируемых зданий проводится по **схеме В**.

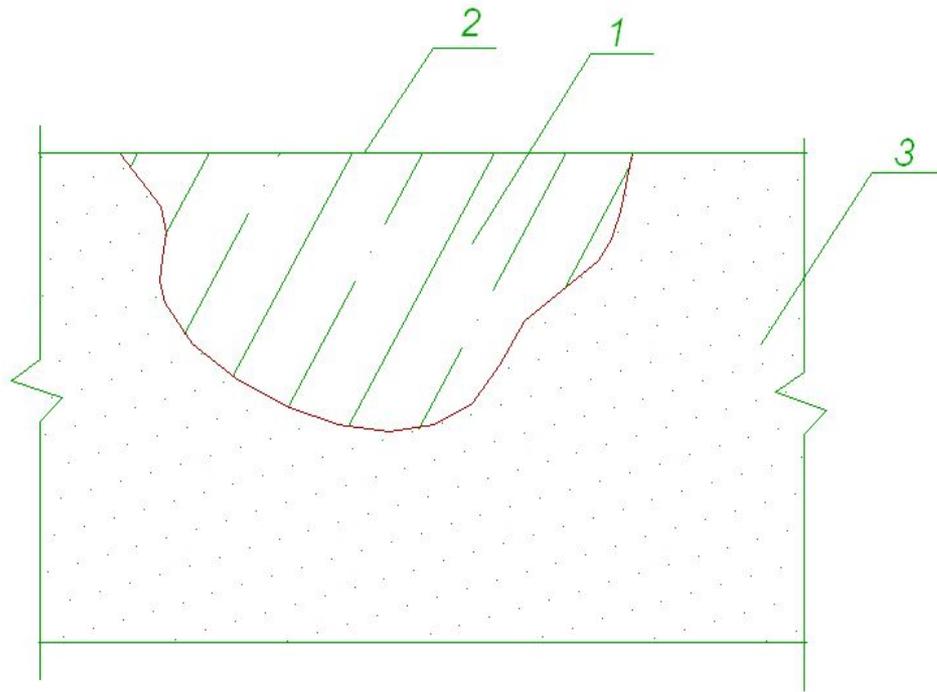
Места испытаний железобетонных конструкций.

Принимаются в наиболее сжатых участках

Требования норм при неразрушающих испытаниях бетона

Метод	Число испытаний на участке	Расстояние, мм		Толщина элемента
		между местами испытаний	от края элемента до места испытаний	
Упругого отскока	5	30	50	100
Пластической деформации	5	30	50	70
Ударного импульса	10	15	50	50
Отрыва	1	2 диаметра диска	50	50
			-	170
Скалывания ребра	2	200		
Ультразвуковой				
- сквозное прозвучивание	1	-	30	
- поверхностное прозвучивание	2	-	30	

Замоноличивание пробы бетона в растворе для испытания



1 – проба бетона; 2 – испытываемая сторона бетона; 3 - раствор

Данные для ориентировочной оценки прочности бетона

Результаты одного удара средней силы молотком массой 0,4 ... 0,6 кг.		Прочность бетона, МПа
непосредственно по поверхности бетона	по зубилу, установленному «жалом» на бетон	
На поверхности бетона остается слабо заметный след, вокруг которого могут откалываться тонкие лещадки.	Неглубокий след, лещадки не откалываются.	более 20
На поверхности бетона остается заметный след, вокруг которого могут откалываться тонкие лещадки.	От поверхности бетона откалываются острые лещадки.	10 ... 20
Бетон крошится и осыпается: при ударе по ребру откалываются большие куски.	Зубило проникает в бетон на глубину до 5 мм, бетон крошится.	7 ... 10
Остается глубокий след	Зубило забивается в бетон на глубину более 5 мм.	менее

Нестатистическая оценка прочности бетона

$$q = \frac{(R_{l,max} - R_{l,min})}{R} < q_u$$

где q - характеристика изменчивости прочности;

$R_{l,max}$ и $R_{l,min}$ - наибольшая и наименьшая прочность бетона в испытанных участках;

q_u - максимально допустимое значение характеристики изменчивости принимаемое в зависимости от числа участков (образцов) по табл. 4.4.

N	3	4	5	6	7	8	9	10
	0,23	0,28	0,31	0,34	0,37	0,39	0,41	0,42

Установление прочности элементов кладки

- Прочностные и деформативные характеристики элементов кладки (кирпича, камней, раствора) устанавливаются, как правило, путем лабораторных испытаний образцов, отобранных и изготовленных непосредственно из кладки (разрушающие испытания). Отбор образцов производят из малонагруженных участков кладки (например, под оконными проемами) с последующим восстановлением ослабленных мест.
- Неразрушающие механические испытания молотками Кашкарова, Физделя и пр. применяются только для определения прочности материалов, элементов кладки, обладающих пластическими свойствами цементных растворов, силикатных и бетонных камней.

- Испытаниями устанавливается марка кирпича, камня и раствора. Марка *кирпича* устанавливается (ГОСТ 8462-85) как средний результат испытаний при сжатии пяти образцов "двоек", составленных из двух целых кирпичей или их половинок, склеенных гипсовым раствором, умноженный на коэффициент K в 1,2 и пяти образцов на изгиб (всего 10 образцов). Для испытания камней блоков (ГОСТ 8462-85) опытные образцы изготавливают из одного камня или одной его половины. Прочность сплошных камней, блоков или кирпичей допускается определять испытаниями на сжатие образцов-кубов или образцов-цилиндров, выпиленных или высверленных из основного материала. Предел прочности материала при это определяют умножением результатов испытаний на масштабный коэффициент K_m .

Масштабные коэффициенты для определения предела прочности бетонных и каменных материалов по результатам испытаний образцов (d – размер ребра куба, диаметр и высота цилиндра, мм)

d	Коэффициент для	
	кубов	цилиндров
200	1,05	-
150	1,0	1,05
100	0,95	1,02
70	0,85	0,91
40-60	0,75	0,81

Прочность *раствора* кладки при сжатии, взятого из швов, определяют путем испытания на сжатие кубов с ребрами 2...4 с ГОСТ 5802-86 и СН 290-74. Кубы изготавливают из двух пластинок раствора, взятых из горизонтальных швов кладки, склеенных и выравненных по контактным поверхностям гипсовым раствором толщиной 1...2 мм. Кубы испытывают через сутки после изготовления.

Таблица 4.7

Марку раствора определяют как средний результат пяти испытаний, умноженный на коэффициент, приведенный в *табл.*

Поправочный коэффициент при определении марки раствора

Вид раствора	Коэффициент K при размере куба, см		
	2	3 P	4
Летний	0,56	0,68	0,8
Зимний, отвердевши й после оттаивания	0,46	0,65	0,75

Определение нагрузок

Расчетное значение *плотности* определяется по формуле

$$\rho_n = \rho_m + \alpha_N \cdot \alpha_\rho \cdot S_\rho \quad (4.18)$$

ГЛР ρ_m - среднее значение плотности;

S_ρ - среднеквадратическое отклонение плотности;

α_ρ - 1,65 при доверительной вероятности $P = 0,95$ (см. гл.IV §2);

α_N - коэффициент, принимаемый в зависимости от количества образцов N по табл. 4.8.

Таблица 4.8

N	5	6	7	9	12	15	20	30	50 и более
α_N	1,29	1,22	1,17	1,13	1,09	1,07	1,05	1,03	1,01

Значения ρ_m и S_ρ вычисляются аналогично ф.(4.1) и (4.2)

Средняя масса стальных конструкций принимается по сортаменту и по данным обмеров. Вес определяется по формуле

$$G = \psi_s G_o$$

где

G_o - вес основных элементов, кН;

ψ_s - строительный коэффициент учета сопутствующих элементов фасонок, ребер жесткости, сварных швов, болтов и т. д., принимается для: ферм $\psi_s = 1,25 \dots 1,35$; сплошных колонн $\psi_s = 1,3$; сквозных колонн; $\psi_s = 1,7$; прокатных балок $\psi_s = 1,05$; составных балок $\psi_s = 1,2$.

Основные элементы для ферм - это пояса и решетка, для балок и колонн - полки и стенка.

Средняя плотность стали и электрода принимается равной 7850 кг/м³.

Определение влажности материала проводится контрольным зондированием с помощью шлямбура диаметром 16...20 мм или электродрели. Количество точек зондирования в соответствии с СН 211-62 определяется по *табл*

Размер зданий в секциях	Каменные стены			Железобетонные стены		
	Количество этажей					
	до 3	4-5	свыше 5	до 3	4-5	свыше 5
1-2	3	4	4	2	3	4
3-4	5	7	8	3	4	5
Более 4	7	9	10	4	5	6

Весовая влажность после высушивания при температуре $110 \pm 5^\circ\text{C}$ до постоянного веса определяется по формуле

$$N = \frac{g_1 - g}{g} \cdot 100\%$$

где g_1 - вес отобранной пробы; g - вес высушенной пробы.

СНиПом II-3-79 "Строительная теплотехника" установлены следующие предельные значения влажности некоторых материалов:

- кирпичной кладки - 3.5%;
- керамзитобетона – 15%;
- тяжелого бетона - 5%;
- газо- и пенобетона – 21%;
- минераловатных плит – 8%;
- пенополистирола - 35%;
- засыпки из гравия - 6%.