

Компьютерный практикум № 2

Компьютерная обработка результатов испытаний.

Цели и задачи работы

Цель работы – ознакомление с методикой установления градуировочной зависимости на примере ультразвукового метода с созданием электронного шаблона для ее формирования на Microsoft Excel.

В ходе работы необходимо решить следующие задачи:

- 1) Изучить методику построения градуировочной зависимости «косвенная характеристика-прочность бетона» на примере ультразвукового метода.
- 2) Определить параметры градуировочной зависимости, и условия ее применения.
- 3) Создать электронный шаблон для построения градуировочной зависимости «косвенная характеристика-прочность бетона» используя встроенные функции Microsoft Excel.
- 4) При программировании электронного шаблона использовать функции: СУММ(), ПРОИЗВЕД(), СРЗНАЧ(), СТЕПЕНЬ().
- 5) Внести необходимые данные. Вычислить параметры градуировочной зависимости.
- 6) Изменить измеренные значения скорости ультразвука. Вычислить параметры градуировочной зависимости.
- 7) Проверить правильность полученных с помощью электронного шаблона результатов.
- 8) Построить график градуировочной зависимости с помощью Microsoft Excel.

Краткие теоретические сведения

Прочность бетона на сжатие является одним из наиболее часто контролируемых параметров при строительстве и обследовании железобетонных конструкций. Имеется большое число методов контроля,

применяемых на практике. Согласно ГОСТ 18105-2010 методы контроля можно разделить на три группы:

1. Разрушающие;
2. Прямые неразрушающие (методы локальных разрушений);
3. Косвенные неразрушающие.

Сущность разрушающих методов заключается в испытании в прессе специально изготовленных контрольных образцов бетона, или образцов, отобранных из конструкций, Данные методы являются наиболее точными и достоверными. Вместе с тем, они имеют высокую стоимость исследований, а при отборе образцов из конструкций происходит существенное нарушение их целостности.

К прямым неразрушающим относятся определение прочности бетона методом локальных разрушений – отрыва, отрыва со скалыванием и скалывания ребра. Это самые точные из методов неразрушающего контроля прочности, поскольку для них допускается использовать универсальную градуировочную зависимость, но вместе с тем они также характеризуются высокой стоимостью и значительной трудоемкостью испытаний. Кроме того, метод отрыва со скалыванием невозможно использовать в густоармированных и тонкостенных конструкциях, при использовании метода отрыва необходимо заранее наклеивать диски (за 3-24 часа до момента испытания), а метод скалывания ребра неприменим при защитном слое менее 20мм и повреждениях защитного слоя.

Учитывая вышеизложенное, часто применяются косвенные неразрушающие методы контроля. Из них наиболее распространенными являются ультразвуковой метод, а также механические неразрушающие ударно-импульсный метод и метод упругого отскока. При этом прочность бетона в конструкциях необходимо определять по экспериментально установленным градуировочным зависимостям. Использование универсальной градуировочной зависимости допускается только для получения ориентировочных значений прочности.

Градуировочная зависимость – это графическая или аналитическая зависимость, связывающая косвенный показатель соответствующего метода (скорость ультразвука, высота отскока бойка от поверхности бетона, параметр ударного импульса и т.д.) с фактической прочностью бетона.

Установление градуировочной зависимости можно выполнять

- используя натурные конструкции;
- по образцам бетона (как правило кернам), выпиленным (выбуренным) из конструкции;
- по образцам (кубы), изготовленным из бетонной смеси того же состава, по той же технологии, при том же режиме твердения, что и конструкции, подлежащие контролю.

Установление градуировочной зависимости выполняется в следующей последовательности:

- определяется косвенный показатель соответствующего метода (скорость ультразвука, высота отскока бойка от поверхности бетона, параметр ударного импульса и т.д.).
- определяются прочность бетона. Прочность бетона можно определить методами локальных разрушений (методом отрыва, отрыва со скалыванием и скалыванием ребра), или разрушающим методом (испытанием образцов бетона).
- выполняются статистическая обработка и аппроксимация полученных данных, в ходе которой производится отбраковка аномальных результатов, устанавливаются параметры градуировочной зависимости и условия ее применения.

Выполнение работы

Построить с помощью команд Microsoft Excel таблицу, в которую будут занесены определяемые параметры.

Таблица 1

Определение параметров градуировочной зависимости

№ образца	t, 10 ⁻⁶ с	t _{ср} , 10 ⁻⁶ с	b, м	V _i , м/с	\bar{V} , м/с	V _i – \bar{V} , м/с	(V _i – \bar{V}) ²	Прочность бетона R _{фi} , МПа	\bar{R}_ϕ , МПа	R _{фi} – \bar{R}_ϕ	(V _i – \bar{V}) × (R _{фi} – \bar{R}_ϕ)
1											
...											
8											

Далее необходимо заполнить таблицу, используя электронные функции.

1) Сначала заносим в первый столбец значения времени прохождения ультразвука, полученные при измерениях. Данные значения указывает преподаватель.

2) Получаем значения t_{ср}, используя функцию СРЗНАЧ ().

Функция СРЗНАЧ возвращает среднее арифметическое аргументов.

Например, если диапазон A1:A20 содержит числа, формула =СРЗНАЧ (A1:A20) возвращает среднее из этих чисел.

Синтаксис

СРЗНАЧ(число1;[число2];...)

Аргументы функции СРЗНАЧ описаны ниже.

Число1 Обязательный аргумент. Первое число, ссылка на ячейку или диапазон, для которого требуется вычислить среднее значение.

Число2... Необязательный. Дополнительные числа, ссылки на ячейки или диапазоны, для которых нужно вычесть среднее значение, не более 255.

3) Заносим в столбец «b, м» значения ширины образца, задаваемые преподавателем.

4) Определяем в столбце 5 значения V_i, определенные как b/t_{ср}, с помощью оператора деления.

- 5) Определяем в столбце 6 значение \bar{V} , используя функцию СРЗНАЧ ().
- 6) Определяем в столбце 7 значения $V_i - \bar{V}$, используя оператор вычитания.
- 7) Определяем в столбце 8 значения $(V_i - \bar{V})^2$, используя функцию СТЕПЕНЬ ().

Предположим, что вам нужно вычислить очень маленький допуск для детали механизма или огромное расстояние между двумя галактиками. Для возведения числа в степень используйте функцию СТЕПЕНЬ.

Она возвращает результат возведения числа в степень.

Синтаксис

СТЕПЕНЬ(число;степень)

Аргументы функции СТЕПЕНЬ описаны ниже.

Число — обязательный аргумент. Базовое число. Это может быть любое настоящее число.

Степень Обязательный. Показатель степени, в которую возводится основание.

Замечание

Вместо функции СТЕПЕНЬ для возведения в степень можно использовать оператор ^, например: 5^2.

- 8) Занесем в столбец 9 значения прочности бетона $R_{\phi i}$, МПа, значения выдает преподаватель.
- 9) Определяем в столбце 10 значение \bar{R}_{ϕ} , используя функцию СРЗНАЧ ().
- 10) Определяем в столбце 11 значения $R_{\phi i} - \bar{R}_{\phi}$, используя оператор вычитания.
- 11) Определяем в столбце 12 значения $(V_i - \bar{V}) \times (R_{\phi i} - \bar{R}_{\phi})$, используя оператор умножения.

Полученная в результате таблица в Microsoft Excel будет выглядеть следующим образом (рис. 1)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
							$V_i - V_{ср}$, м/с	$(V_i - V_{ср})^2$	Прочность бетона $R_{фi}$, МПа	$R_{фср}$, МПа	$R_{фi} - R_{фср}$	$(V_i - V_{ср})^*$ $(R_{фi} - R_{фср})$
1	№ образца	$t, 10^{(-6)}с$	$t_{ср}, 10^{(-6)}с$	$b, м$	$V_i, м/с$	$V_{ср}, м/с$						
2	1		29,2	0,1	3425		-421	177241	13,50		-4,94	2079,7
3	2		29,1	0,1	3436		-409	167281	13,75		-4,69	1918,2
4	3		26,8	0,1	3731		-114	12996	16,50		-1,94	221,2
5	4		28,2	0,1	3546	3845	-299	89401	14,75	18,44	-3,69	1103,3
6	5		25,6	0,1	3906		61	3721	18,75		0,31	18,9
7	6		25,0	0,1	4000		155	24025	20,00		1,56	241,8
8	7		23,3	0,1	4292		447	199809	24,00		5,56	2485,3
9	8		22,6	0,1	4425		580	336400	26,25		7,81	4529,8

Рис.1 Определение параметров градуировочной зависимости

Содержание строк расчета параметров градуировочной зависимости

$E2=D2/C2*1000000$ – скорость прохождения ультразвука в образце 1;

$F5=CPЗНАЧ(E2:E9)$ – средняя скорость прохождения ультразвука;

$G2=OKPYГЛ(E2- $F5$;0)$ – разность между скоростью ультразвука в образце 1 и средней скоростью ультразвука;

$H2=G2^2$ – квадрат разности, полученной в ячейке G2;

$I4=CPЗНАЧ(I2:I9)$ – среднее значение прочности бетона;

$K2=OKPYГЛ(I2- $J5$;2)$ – разность между прочностью бетона образца 1 и средней прочностью бетона;

$L2=G2*K2$ – произведение значений, полученных в ячейках G2 и K2.

Остальные ячейки в столбцах получаются аналогично указанным.

Далее необходимо определить коэффициенты градуировочной зависимости $R = aV + b$ с помощью электронных формул.

Значение a находим по формуле
$$a = \frac{\sum_{i=1}^n (R_{фi} - \bar{R}_{ф})(V_i - \bar{V})}{\sum_{i=1}^n (V_i - \bar{V})^2}$$
, значение b по формуле $b = \bar{R}_{ф} - a\bar{V}$. На листе Excel получим следующий фрагмент (рис.2)

	A	B	C	D	E
12		Сум(R ϕ i)	147,50	R ϕ ср	18,44
13		Сум(Vi)	30761	Vср	3845
14		Сум((Vi-Vср)^2)	1010874		
15		сумм(Vi-Vср)*(R ϕ i-R ϕ ср)	12598,3		
16					
17		a	0,0125		
18		b=Rср-a*Vср	-29,6		

Рис.2 Определение коэффициентов градуировочной зависимости

Содержание строк расчета коэффициентов

C12=СУММ(I2:I9) – сумма значений прочности бетона;

C13= СУММ(E2:E9) – сумма значений скорости ультразвука;

C14= СУММ(H2:H9) – сумма значений квадратов разности скорости ультразвука;

C15= СУММ(L2:L9) – сумма значений столбца L;

E12= J5;

E13= F5;

C17= ОКРУГЛ(C15/C14;4) – коэффициент a;

C18= E12-C17*E13 – коэффициент b.

Далее необходимо построить с помощью команд Microsoft Excel таблицу «Корректировка параметров градуировочной зависимости»

Таблица 2

Корректировка параметров градуировочной зависимости

№ образца	Скорость ультразвука, Vi м/с	Прочность бетона по результатам испытаний, R ϕ i, МПа	Прочность бетона по град. зависимости, R ϕ ni, МПа	R ϕ i – R ϕ ni	(R ϕ i – R ϕ ni) ²	S	$\frac{R_{\phi i} - R_{\phi ni}}{S}$
1							
...							
8							

Далее необходимо заполнить таблицу, используя электронные функции.

Заполненная таблица на Excel будет выглядеть следующим образом (рис.3)

	A	B	C	D	E	F	G	H
21		Vi	прочность бетона	R _{нi}	R _{фi} -R _{нi}	(R _{фi} -R _{нi}) ²	S	(R _{фi} -R _{нi})/S
22		3425	13,50	13,18	0,32	0,1024		0,71
23		3436	13,75	13,33	0,42	0,1764		0,94
24		3731	16,50	17,01	-0,51	0,2601		-1,14
25		3546	14,75	14,70	0,05	0,0025	0,45	0,11
26		3906	18,75	19,20	-0,45	0,2025		-1,00
27		4000	20,00	20,37	-0,37	0,1369		-0,83
28		4292	24,00	24,02	-0,02	0,0004		-0,04
29		4425	26,25	25,68	0,57	0,3249		1,27
30								
31		сумм(R _{фi} -R _{нi}) ²	1,2061					

Рис.3 Корректировка параметров градуировочной зависимости

Содержание строк расчета параметров корректировки

$D22 = \$C\$17 * B22 + \$C\18 – значение прочности бетона, определенное по градуировочной зависимости;

$E22 = \text{ОКРУГЛ}(C22 - D22; 2)$ – значение разности прочности бетона по градуировочной зависимости и по результатам испытаний;

$F22 = E22^2$ – квадрат разности значений;

$G25 = \text{КОРЕНЬ}(C31/6)$ - среднее квадратическое отклонение;

$C31 = \text{СУММ}(F22:F29)$;

$H22 = E22 / \$G\25 - разность прочности бетона по градуировочной зависимости и по результатам испытаний, деленная на среднеквадратическое отклонение.

Аналогично находим соответствующие значения в остальных строках.

Далее необходимо определить коэффициент корреляции градуировочной зависимости по формуле:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n [(R_{нi} - \bar{R}_н) \times (R_{фi} - \bar{R}_ф)]}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (R_{нi} - \bar{R}_н)^2} \times \sqrt{\sum_{i=1}^n (R_{фi} - \bar{R}_ф)^2}}$$

Также необходимо определить коэффициент вариации градуировочной зависимости по формуле:

$$v = \frac{S}{\bar{R}_ф}$$

Для этого необходимо построить таблицу:

Таблица 3

Определение условий применения градуировочной зависимости

№ образца	$R_{ni},$ МПа	$\bar{R}_n,$ МПа	$R_{ni} - \bar{R}_n$	$(R_{ni} - \bar{R}_n)^2$	$R_{\phi i} - \bar{R}_{\phi}$	$(R_{\phi i} - \bar{R}_{\phi})^2$	$(R_{ni} - \bar{R}_n) \times (R_{\phi i} - \bar{R}_{\phi})$
1							
...							
8							

В заполненном виде на Excel таблица будет выглядеть следующим образом (рис.4)

	B	C	D	E	F	G	H
							$(R_{ni}-R_n)^*$
33	R_{ni}	R_{ncp}	$R_{ni}-R_n$	$(R_{ni}-R_{ncp})^2$	$R_{\phi i}-R_{\phi cp}$	$(R_{\phi i}-R_{\phi cp})^2$	$(R_{\phi i}-R_{\phi cp})$
34	13,18		-5,26	27,63	-4,94	24,40	25,97
35	13,33		-5,11	26,11	-4,69	22,00	23,96
36	17,01		-1,42	2,02	-1,94	3,76	2,76
37	14,70	18,44	-3,74	13,98	-3,69	13,62	13,79
38	19,20		0,76	0,58	0,31	0,10	0,24
39	20,37		1,94	3,75	1,56	2,43	3,02
40	24,02		5,58	31,17	5,56	30,91	31,04
41	25,68		7,25	52,49	7,81	61,00	56,58
42	Сумма			157,73		158,22	157,37
43							
44	S/R ϕ cp	0,024					
45	r	0,996165308					

Рис.4 Определение условий применения градуировочной зависимости

Содержание строк расчета условий применения

C37 =CPЗНАЧ(B39:B46) – среднее значение прочности бетона, определенной по градуировочной зависимости;

D34 = B39-\$C\$42 – разность между средним значением и значением для первого образца для прочности, определенной по градуировочной зависимости;

E34 =D34^2 – квадрат разности значений, полученной в ячейке D34;

G34 =F34^2 – квадрат разности значений, полученной в ячейке F34;

H34 = D34*F34 - произведение разностей между средним значением и значением для первого образца для прочности, определенной по фактическим значениям и по градуировочной зависимости;

Аналогично находим соответствующие значения в остальных строках.

Значения в столбцах В и F копируем из предыдущих таблиц.

$E42 = \text{СУММ}(E34:E41)$ – сумма значений столбца E;

$G42 = \text{СУММ}(G34:G41)$ – сумма значений столбца G;

$H42 = \text{СУММ}(H34:H41)$ – сумма значений столбца H;

$C44 = G25/E12$ - коэффициент вариации градуировочной зависимости;

$C45 = H42/(\text{КОРЕНЬ}(E42)*\text{КОРЕНЬ}(G42))$ - коэффициент корреляции градуировочной зависимости.

Если коэффициент корреляции $r < 0,7$, то контроль и оценка прочности по полученной градуировочной зависимости не допускается.

Если коэффициент вариации $\frac{S}{R_{\phi}} > 0.15$, то контроль и оценка прочности по полученной градуировочной зависимости не допускается.

Далее студентам необходимо самостоятельно с помощью средств Microsoft Excel построить график градуировочной зависимости.

Градуировочная зависимость должна выглядеть следующим образом (рис.5)

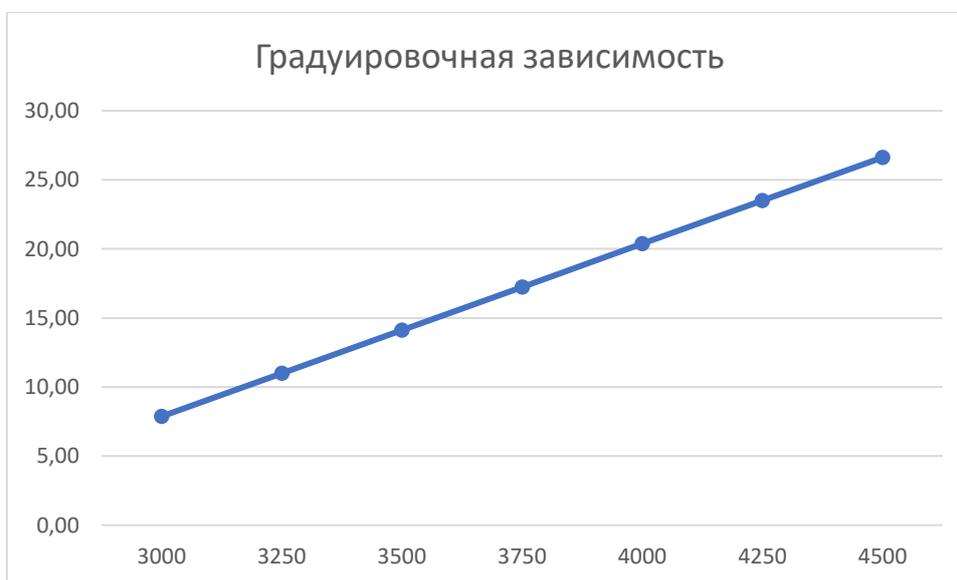


Рис.5 Градуировочная зависимость