

## Практическое занятие №7

### Определение градуировочной зависимости «Косвенный показатель – прочность» для методов контроля прочности бетона

#### Цель работы:

- Ознакомиться с методикой построения зависимости «косвенный показатель – прочность» («КП-R»).
- Построить зависимость «КП-R» применительно к конкретным особенностям контрольных бетонных образцов.

#### 2.1. Общие сведения

Зависимость «КП-R» строят по результатам параллельных испытаний методами, основанными на оценке прочности бетона по упругим или пластическим свойствам бетона (т.е. косвенными показателями) и результатам механических испытаний контрольных образцов.

Построенная зависимость может быть использована для определения прочности бетона, если величина средней квадратической погрешности ( $\sigma$ ) не превышает 12% :

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_1^n \left( \frac{R_i}{R_i^k} - 1 \right)^2} \leq 0,12 \quad (2.1)$$

где  $R_i$  и  $R_i^k$  – соответственно прочность по данным механических испытаний и зависимости «КП-R» для одного и того же значения косвенного показателя;

n – количество испытанных образцов.

#### 2.2. Пример определения зависимости «КП-R» для ультразвукового метода

1) Исходные результаты измерений скорости распространения ультразвука и прочности сводятся в графы 1 и 2 таблицы 2.1.

Дальнейшая обработка выполняется в корреляционной таблице 2.2

2) Измеренные значения скорости и прочности разбивают на интервалы.

Число интервалов определяет число точек для построения зависимости «скорость-прочность». Величина интервала представляет собой разность между двумя соседними верхними границами его и выбирается следующим образом:

Определяют по данным табл. 2.1 размах варьирования измеренных величин скорости и прочности, т.е. разность между их наибольшим и наименьшим значениями. В приведённом примере максимальная прочность равна 21,0

МПа, минимальная – 5,4 МПа; максимальная скорость ультразвука 3960 м/с, минимальная – 2370 м/с.

Тогда величина интервала для прочности :

$$d_R = \frac{21 - 5,4}{8} \approx 2, \quad (2.2)$$

а для скорости

$$d_V = \frac{3960 - 2370}{8} \approx 200 \quad (2.3)$$

Для рассматриваемого примера выбраны следующие интервалы:

Интервалы прочности:

5,0 – 7,0

7,0 – 9,0

...

17,0 – 19,0

19,0 – 21,0

Интервалы скорости:

2300 – 2500

2500 – 2700

...

3500 – 3700

3700 – 3900

3) Вычисляются средние значения интервалов прочности ( $R_{\phi}$ ) и интервалов скорости ( $V_{\phi}$ ).

Среднее значение интервалов прочности являются ординатами точек зависимости «скорость-прочность».

4) Определяют абсолютные частоты каждого интервала, для чего просматривают все значения пар величин скорости и прочности табл. 2.1 и каждое изменение заносится в соответствующую клетку в виде точки. Например, для образца со значениями скорости  $V=3520$  м/с и прочности  $R=15,1$  МПа ставят точку в клетке на пересечении интервалов 3500-3700 м/с и 15,0-17,0 МПа. При этом предполагается, что в данный интервал включаются значения выше нижнего предела интервала до значений, указанных верхним пределом интервала включительно. Подсчитывают число точек в каждой клетке и проставляют соответствующие числа, которые называются абсолютными частотами ( $m$ ).

5) Суммируют частоты по каждому столбцу отдельно и суммы проставляют в строчке  $\sum m$ . Вычисляют произведения  $m \cdot V_{cp}$  по каждой строчке, суммируют по каждому столбцу и суммы проставляют в строке  $\sum (m \cdot V_{cp})$ .

6) Вычисляют величину абсциссы эмпирической линии регрессии «скорость – прочность»



$$\bar{V} = \frac{\sum (m \cdot V_{cp})}{\sum m} \quad (2.4)$$

Например, для первого вертикального столбца имеем:

$$\sum m = 3 + 10 + 4 = 17;$$

$$\sum (m \cdot V_{cp}) = 2400 \cdot 3 + 2600 \cdot 10 + 2800 \cdot 4 = 44400$$

$$\bar{V} = \frac{44400}{17} = 2612 \text{ м/с}$$

Таким образом, точке с ординатой  $R_{\phi} = 6,0$  МПа будет соответствовать абсцисса  $V = 2612$  м/с.

7) На корреляционное поле наносят координаты восьми точек. Соединяют точки прямыми линиями и проводят через середины отрезков плавную линию, которая и является искомой зависимостью «скорость – прочность» (см. рис. 2.1).

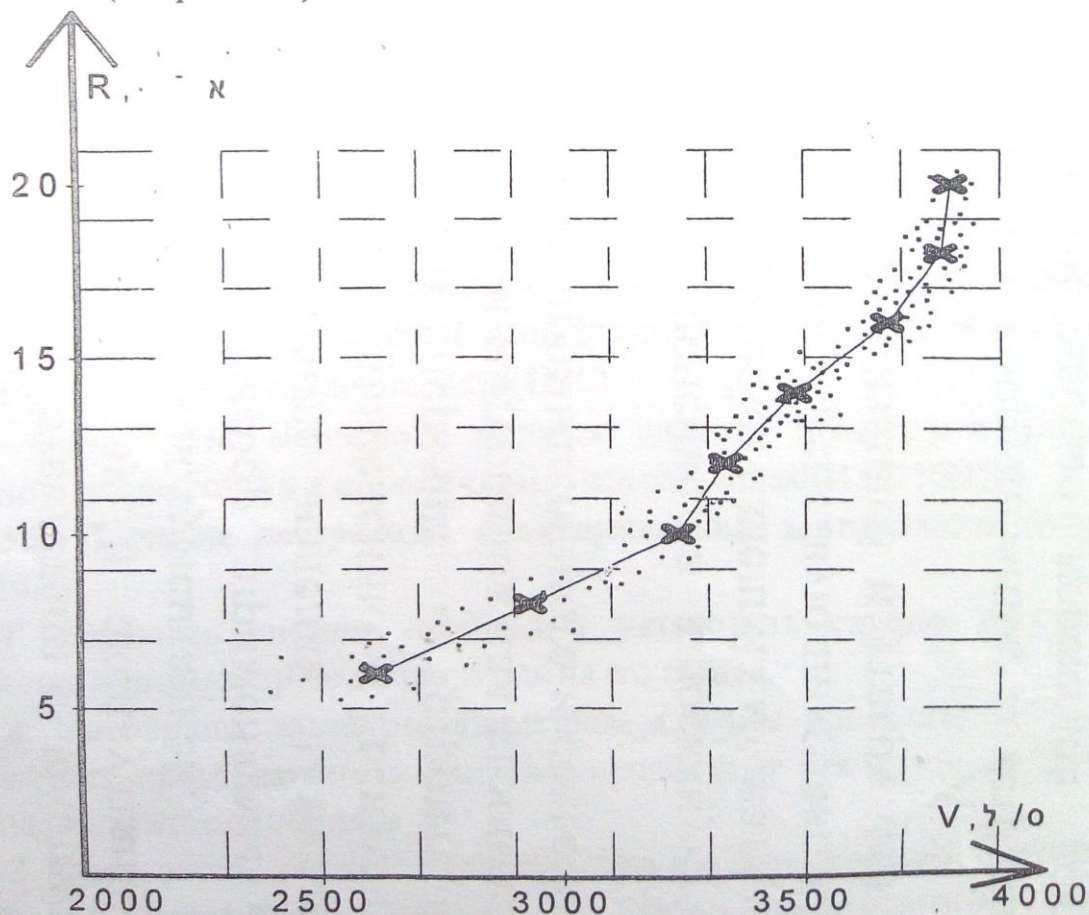


Рис. 2.1 Зависимость «КП-R» для ультразвукового метода

Таблица 2.1 Исходные данные и оценка погрешности построенной кривой

Экспериментальные данные		Прочность, определённая по зависимости "скорость-прочность" $R_{ik}$	$\frac{R_i}{R_{ik}}$	$\left(\frac{R_i}{R_{ik}} - 1\right)^2$
Скорость распространения ультразвука, м/с	Прочность на сжатие $R_i$ , МПа			
3520	15,1	13,8	1,0942029	0,008874186
3410	13,8	12,4	1,1129032	0,012747138
3050	8	9,2	0,8695652	0,017013233
3215	9,9	10,3	0,961165	0,001508153
3240	11	10,5	1,047619	0,002267574
3500	13	13,4	0,9701493	0,000891067
3350	12,4	11,6	1,0689655	0,004756243
3430	12	12,7	0,9448819	0,003038006
2385	5,4	5,7	0,9473684	0,002770083
...	...	...	...	...
3740	16,7	17,5	0,9542857	0,002089796
3600	15,2	15	1,0133333	0,000177778
3840	19,3	19,4	0,9948454	2,65703E-05
3740	17,9	17,6	1,0170455	0,000290548
3720	17,3	17,1	1,0116959	0,000136794
3160	10,2	10	1,02	0,0004
3000	8	8,8	0,9090909	0,008264463
2370	5,1	5,8	0,8793103	0,014565993

Таблица 2.2 Корреляционная таблица

Границы интервалов $V$ , м/с	Среднее значение интервалов $V_{cp}$ , м/с	Границы интервалов $R$ , МПа							
		5,0-7,0	7,0-9,0	9,0-11,0	11,0-13,0	13,0-15,0	15,0-17,0	17,0-19,0	19,0-21,0
		Среднее значение интервалов $R_{cp}$ , МПа							
		6	8	10	12	14	16	18	20
2300-2500	2400	3	-	-	-	-	-	-	-
2500-2700	2600	10	1	-	-	-	-	-	-
2700-2900	2800	4	6	-	-	-	-	-	-
2900-3100	3000	-	9	-	-	-	-	-	-
3100-3300	3200	-	2	13	4	-	-	-	-
3300-3500	3400	-	-	3	16	19	1	-	-
3500-3700	3600	-	-	-	-	12	16	2	-
3700-3900	3800	-	-	-	-	-	10	19	6
$\sum m$		17	18	16	20	31	27	21	6
$\sum (m \cdot V_{cp})$		44400	52800	51800	67200	107800	99000	79400	22800
$\bar{V} = \frac{\sum (m \cdot V_{cp})}{\sum m}$		2612	2933	3238	3360	3480	3670	3780	3800

$$\sum_1^n \left( \frac{R_i}{R_i^k} - 1 \right)^2 = 1,068 \quad ; \quad \sigma = \sqrt{\frac{1,068}{155}} \approx 8,8\% < 12\%$$

### 2.3. Требования к оформлению отчёта

1) Кратко описать методику построения зависимости «КП-Р» в соответствии с этапами, изложенными в рассмотренном примере, заполнив таблицы 2.1 и 2.2 результатами вычислений.

2) Построить линию регрессии и плавную линию зависимости «КП-Р»

3) Промежуточные результаты вычислений средней квадратической погрешности записать в графах 3, 4 и 5 таблицы 2.1.

4) Сформулировать выводы в результатах проделанной работы

### Экспериментальные данные по сериям:

	V, м/с	Прочность бетона при сжатии R <sub>i</sub> , МПа
1	3740	10,7
2	3290	8,8
3	4120	21,9
4	4160	20,6
5	4500	32,6
6	3900	11,3
7	3520	9,5
8	4290	29,1
9	4415	30,8
10	4600	36,1
11	4490	33,5
12	4060	20,2
13	3870	16,8
14	4055	19,7
15	4350	25,9
16	3540	10,5
17	3880	16,8
18	4600	35,3