

**ТЕМА: Безразрушителни методи за определяне якостта на бетона**

От самото наименование на безразрушителните методи става ясно, че без да нарушаваме целостта на даден материал можем да определим редица негови характеристики, това става посредством някои косвени показатели (повърхностна твърдост). Тъй като не определяме пряко якостта чрез разрушаване ще казваме че определяме **вероятната** якост на бетона.

Има различни методи за определяне на характеристиките на даден материал и това могат да бъдат: механични, акустични, електромагнитни, радиационни и др. Принципът на всичките методи е един и същ: открита е зависимост между якостта на бетона и някоя косвена характеристика (повърхностна твърдост, скорост на разпространение на ултразвук, съпротивление и др.) и чрез определяне на тази косвена характеристика можем да определим вероятната якост на бетона.

Ще се спрем на два от най-използваните методи за определяне на вероятната якост на бетона: чрез повърхностната твърдост и скоростта на разпространение на ултразвуков импулс.

**1. Безразрушителен метод за определяне на вероятна якост на натиск чрез повърхностна твърдост (БДС EN 12504-2)**

При този метод се използва зависимостта между повърхностната твърдост и якостта на бетона, която е право пропорционална. Повърхностната твърдост се определя със стандартен чук с пружина – склерометър.

**Апаратура**

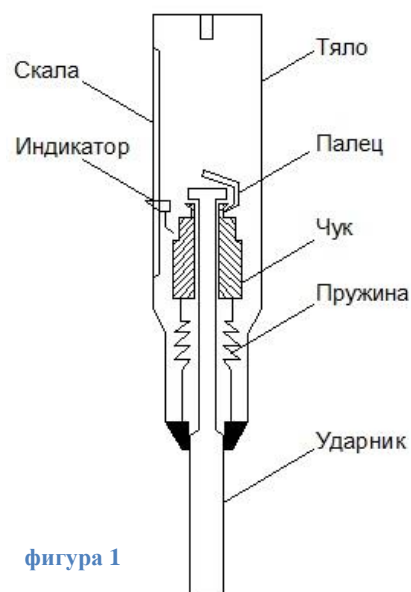
На фигура 1 е показана схема на склерометър (чук на Шмид) като основните елементи са:

- тялото** на уреда, на което има **скала** за отчитане на отскока чрез **индикатор** (показалец);
- ударник**, който представлява стоманен цилиндър, върху който се движи **чука**;
- пружина**, която при натискане на ударника се разтяга и при достигане до дъното на уреда **палеца** освобождава пружината.

На фигура 2 са показани снимки на склерометър на фирмата „PROSEQ”. Има различни видове склерометри в зависимост от класа на бетона, който ще изпитваме, най-разпространен е склерометър тип “Schmidt N” със скала за отчитане има дигитални както и със записващо устройство.

HRC (Hammer Rebound Concrete) – е големината на отскока, който през определен период от време се калибрира чрез калибрираща наковалня (фиг. 3)

В стандартния комплект има и камък за шлайфане на повърхността (фиг.4).



фигура 2

## Изпитване

Преди започването на изпитването трябва да се съобразим с изискванията към повърхността:

- Трябва да е суха, ако е влажна се изсушава преди изпитването.
- Температурата трябва да е  $<50^{\circ}\text{C}$
- Трябва да е гладка без шупли, ако е нужно преди изпитването посредством камъка за шлайфане се отнема от повърхността докато се стигне до здрава и гладка повърхност (1-2mm).

Масата и дебелината на изпитвания елемент трябва да са такива, че при провеждане на изпитването да не се отмества елемента нито да се огъва (300kg, 10cm).

Върху елемента се избира място с размери приблизително 100x100mm на подходящо за целта място и се нанасят минимум 9 удара, като разстоянието между отделните точки трябва да е минимум 3cm а разстоянието от ръба на елемента да е минимум 5cm (фиг. 5).

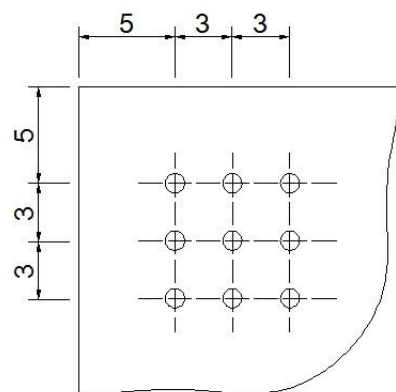
Самите удари се нанасят перпендикулярно, като процеса е описан подробно на фигури от 6 до 14



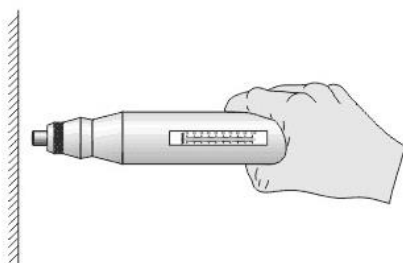
фигура 3



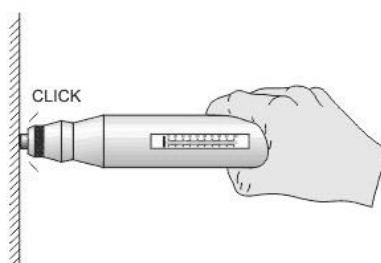
фигура 4



фигура 5

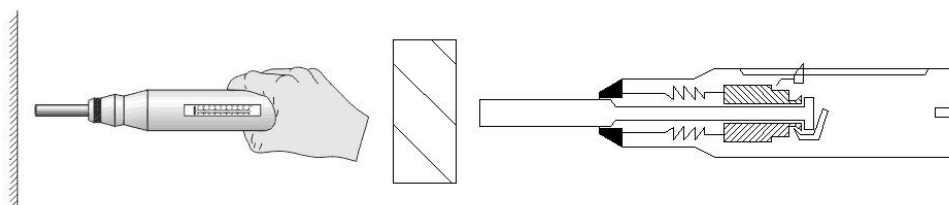


фигура 6



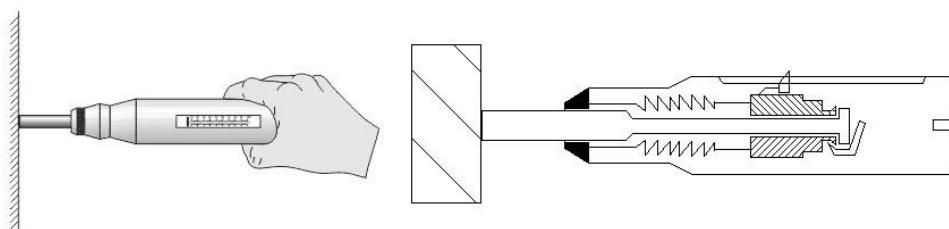
фигура 7

Уредът изваден от кутията е със прибран ударник (фиг.6) и за да се отвори се притиска до повърхността (фиг.7), която ще изпитваме и се чува щракване, след което ударника е в готовност за удар.



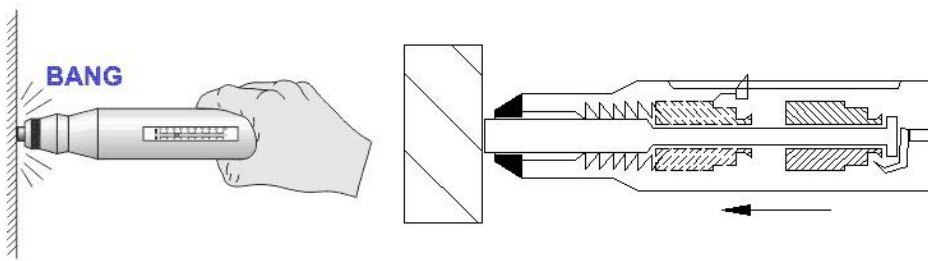
фигура 8

В свободно положение на ударника той е максимално издаден от тялото, като чука се намира в другия му край захванат чрез палец (фиг.8).



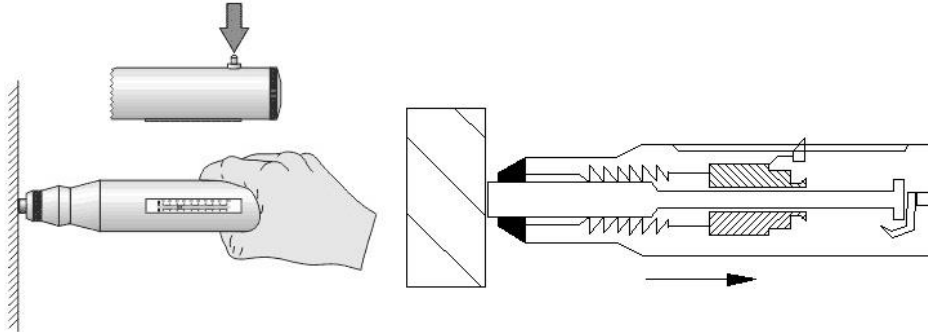
фигура 9

При допирание по повърхността и натискане на тялото към стената ударника се прибира навътре в тялото, като пружината се опъва (фиг.9).



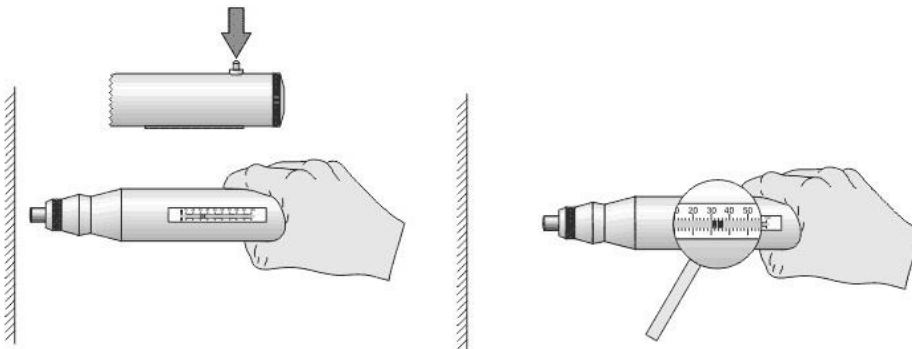
фигура 10

При натискане на ударника до край, палеца се опира в дъното на уреда и освобождава чука, който под действието на пружината се придвижва към долния край на ударника (фиг.10).



фигура 11

След като е освободен чука се удря в долния край на ударника и отскача помествайки индикатора (фиг.11).



фигура 12

фигура 13

Ако в този момент отдръпнем склерометъра показалеца ще се върне в изходно положение затова се натиска бутон задържащ ударника в тялото (фиг.12).

Остава да отчетем големината на отскока от скалата на уреда и да запишем резултата заедно с посоката на уреда (фиг.13).

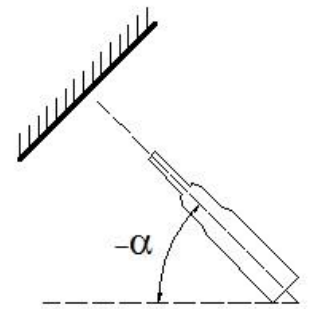
Ако при удара бетона се отчупи, ако се ударили на шупла или добавъчен материал повтаряме в близост да изпитваното място.

### Изчисляване вероятната якост на натиск

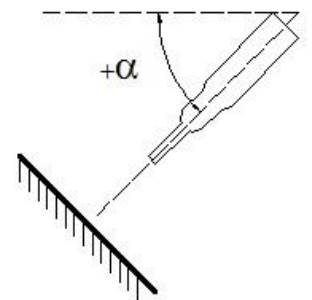
- Изчислява се средно аритметичната стойност от всички удари в една точка (най-малко 9)

- Прави се корекция на отскока в зависимост от посоката на оста на склерометъра (фиг. 14) ако удряме отдолу (по таван) отскока се намалява, а ако удряме отгоре (по пода) отскока се увеличава. Големината на корекцията зависи от отскока. В таблица 1 са посочени корекциите в зависимост от посоката и големината на отскока.

При хоризонтален удар не се прави корекция.



удар отдолу

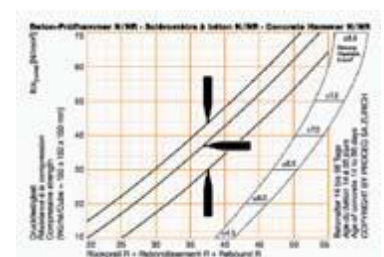


удар отгоре

фигура 14

таблица 1

Големина на отскока	Корекция на отчета при наклон под ъгъл			
	Удар отдолу		Удар отгоре	
	-90°	-45°	+90°	+45°
18	- 5,6	- 3,6	+ 2,6	+ 3,5
20	- 5,4	- 3,5	+ 2,5	+ 3,4
25	- 5,0	- 3,3	+ 2,4	+ 3,2
30	- 4,6	- 3,0	+ 2,2	+ 3,0
35	- 4,2	- 2,8	+ 2,1	+ 2,8
40	- 3,9	- 2,5	+ 1,9	+ 2,6
45	- 3,5	- 2,3	+ 1,8	+ 2,4
50	- 3,1	- 2,1	+ 1,6	+ 2,2
53	- 2,8	- 1,9	+ 1,5	+ 2,0



фигура 15

- Вероятната якост на натиск се изчислява по формулата:

$$R = k \cdot k_1 \cdot R_s, [\text{MPa}] \quad \text{където:}$$

$R_s$  – Якост на натиск отчетена от таблица (табл.2) или графика (фиг. 15) в зависимост от големината на отскока (в зависимост от посоката се прави корекция за големината на отскока и тогава се отчита).

$k_1$  – коефициент за възраст. Якостта на натиск се определя за бетон с 28 дневна възраст за ако бетонът е на по-малка или по-голяма възраст се прави корекция съгласно таблица 3. От таблицата става ясно, че ако бетона е отлежавал при нормални условия методът може да се прилага за бетони на възраст повече от 7 денонощия, това не важи, ако бетона е пропарван.

$k$  – Опитно определен коефициент на съгласуване.

Коефициентът на съгласуване се определя за всеки уред за всеки вид бетон и за всяка възраст и представлява отношението на кубовата якост на натиск на бетона към вероятната якост.

Определя се на минимум девет кубични пробни тела, които се застопоряват на натискова преса и се определя вероятната якост на натиск на всяко едно от кубчетата  $R_s$  след всяко прочукване кубчето се натовазва до разрушаване и се определя якостта му на натиск  $f_c$ .

$$k = \frac{\sum_1^9 f_c}{\sum_1^9 R_s}$$

Коефициентът на съгласуване се определя най-малко през 2 години, като се препоръчва да се определя всяка година.

## 2. Безразрушителен метод за изпитване на бетона чрез скоростта на разпространение на ултразвуков импулс ( БДС EN 12504-4)

При този метод се определя времето за преминаване на ултразвуков импулс през бетона, след което се изчислява скоростта на преминаване на импулса през материала. Известно е, че в по-плътна среда скоростта на разпространение на звука е по-голяма и обратното (въздух – 330m/s, вода – 1250m/s, бетон – 3000-5000m/s). Колкото времето за преминаване на импулса е по-малко, толкова скоростта е по-голяма, бетонът е по-плътен и с по-голяма якост. Освен за определяне на якостта методът може да се използва и за проверка на еднородността на излят от бетон елемент (шайба, колона и др.).

### Апаратура

Уредът са определяне на скоростта на преминаване на ултразвуков импулс се нарича **ултразвуков бетоноскоп** (фиг. 16) състоящ се от:

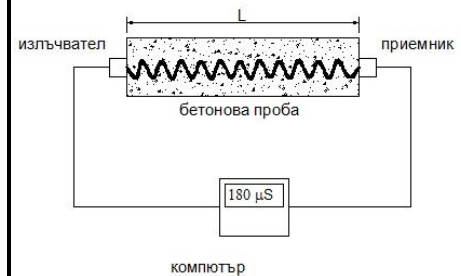
- излъчвател и приемник на ултразвуков импулс контактуващи с бетоновата проба.
- компютър, който генерира, приема и обработва импулса, като показва на дисплея времето в  $\mu\text{S}$  за преминаване на ултразвуковия импулс през бетоновата проба.

таблица 2

Големината на отскока	Средна вероятностна якост на натиск МПа
18	6,0
19	7,0
20	8,0
21	9,0
22	10,0
23	11,2
24	12,5
25	13,8
26	15,0
27	16,5
28	18,0
29	19,5
30	21,0
31	22,8
32	24,5
33	26,2
34	28,0
35	29,7
36	31,5
37	33,5
38	35,5
39	37,5
40	39,5
41	41,5
42	43,5
43	45,7
44	48,0
45	50,0
46	52,5
47	54,7
48	57,0
49	59,2
50	61,5
51	63,7
52	66,0
53	68,2

таблица 3

Възраст на бетона в денонощия	$K_1$ при нормални условия на втвърдяване на бетона
3	-
7	1,15
14	1,05
28	1,00
60	0,96
90	0,93
180	0,85
360	0,75



- бетонова проба с известна дължина.

### Изпитване

Преди изпитването трябва да се уверим, че повърхността е чиста, гладка и суха, има достъп от двете страни на елемента и температурата на бетона е под 50°C. Излъчвателя и приемника са разположени перпендикулярно на повърхността и контактуват с нея чрез технически вазелин.

За всеки участък се правят минимум три прозвучавания.

От дисплея се отчита времето за преминаване на ултразвуковия импулс (фиг. 18).

### Изчисляване вероятната якост на натиск

- определяне на скоростта на разпространение на импулса:

$$V = 10 \cdot \frac{L}{t}, km/s \text{ където:}$$

L – дължината на бетоновата проба, cm

t – времето за преминаване на импулса,  $\mu s$

- Вероятна якост на натиск:

$$R = k \cdot R_c, [MPa] \text{ където,}$$

R<sub>c</sub> – Вероятната якост на натиск отчетена от таблица или графика

k – коефициент на съгласуване определен по сходен начин с коефициента при метода с отскока.

### Определяне на качеството на бетона.

Има няколко начина за разполагане на излъчвателя и приемника (фиг. 19): директно, полу-директно и индиректно. Директното разположение е за препоръчване, но не винаги има достъп до срещуположната страна и се налага полу-директно и индиректно разположение на излъчвателя и приемника.

На фигура 20 са показани няколко типични случая на преминаване на вълната през пробното тяло:

- бетонът е с еднородна структура и импулса пътува без смущения;
- когато има армировъчна стомана импулсът се разпространява с по-голяма скорост през нея;
- когато импулса преминава през зона с кухина или пукнатина той удължава пътя си и от там времето за преминаване;
- при малка пукнатина, която не може да бъде заобиколена част от импулса преминава, а част а останалата част се връща;
- при голяма пукнатина импулса въобще не може да я премине;
- когато импулса преминава през редица от малки дефекти в бетона той удължава многократно времето си за преминаване;

фигура 16



фигура 18

таблица 4

Скорост на ултразвук м/с	Вероятна якост на натиск в МПа
2800	5,1
3400	9,9
3800	15,4
4100	21,4
4300	26,6
4400	29,7
4700	41,3
4900	51,5
5100	64,2

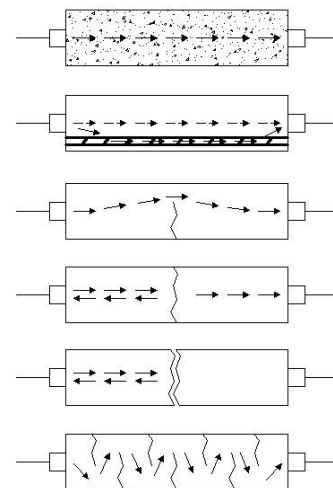


фигура 19

В таблица 4 е показана връзката между скорост на разпространение на импулса и качеството на бетона.

таблица 5

Скорост на разпространение на ултразвуковия импулс m/s	Качество на бетона
$\geq 4,5$	Отлично
3,5 – 4,5	Много добро
3,0 – 3,5	Добро
2,0 – 3,0	Лошо
$\leq 2,0$	Много лошо



фигура 20