

R E P U B L I C A M O L D O V A

C O D P R A C T I C Î N C O N S T R U C Ț I I

F.02.03

ELEMENTE DE CONSTRUCȚII

CP F.02.03:2019

**Construcții din beton și beton armat
Evaluarea in-situ a rezistenței la compresiune a betonului
din structuri și din elemente prefabricate**

EDIȚIE OFICIALĂ

MINISTERUL ECONOMIEI ȘI INFRASTRUCTURII

CHIȘINĂU 2019

COD PRACTIC ÎN CONSTRUCȚII**CP F.02.03:2019**ICS 00.000.00

**Construcții din beton și beton armat
Evaluarea in-situ a rezistenței la compresiune a betonului din
structuri și din elemente prefabricate**

Cuvinte cheie: beton, evaluare, rezistența la compresiune, metode, rezistența in-situ, carote, rezistența caracteristică, metoda carotelor, metoda ultrasunetelor, duritate superficială, metoda nedistructivă, metoda smulgerii, metode indirecte, metode indirecte, scheme logice

Preambul

- 1 ELABORAT de către INCP „URBANPROIECT”
- 2 ACCEPTAT de către Comitetul Tehnic pentru Normare Tehnică în Construcții CT-C F „Construcții din beton și beton armat”, procesul-verbal nr. _____ din _____20__.
- 3 APROBAT ȘI PUS ÎN APLICARE prin ordinul Ministrului economiei și infrastructurii nr. __ din _____20__ (Monitorul Oficial al Republicii Moldova, 20__, nr. __, art. ____), cu aplicare din _____20__.
- 4 ELABORAT PENTRU PRIMA DATĂ

Cuprins

	Pag.
Introducere	IV
1 Domeniu de aplicare	1
2 Referințe normative	2
3 Termeni, definiții și simboluri	2
3.1 Termeni și definiții	2
3.2 Simboluri	4
4 Prevederi generale	5
5 Planificarea investigațiilor privind evaluarea rezistenței la compresiune a betonului	6
5.1 Considerații generale	6
5.2 Clasificarea metodelor de încercare	6
5.3 Selectarea programelor de încercare	7
6 Rezistența caracteristică la compresiune „in-situ” în raport cu clasa de rezistență la compresiune	8
7 Metode de încercare pentru evaluarea rezistenței la compresiune a betonului	9
7.1 Metoda carotelor	9
7.2 Metoda ultrasunetelor	16
7.3 Metoda de duritate superficială	26
7.4 Încercarea betonului prin metoda nedistructivă combinată	30
7.5 Încercarea betonului prin metoda smulgerii în adâncime	32
8 Metode de evaluare a rezistenței betonului	33
8.1 Evaluarea rezistenței caracteristice la compresiune „in-situ” prin încercarea carotelor	35
8.2 Evaluarea rezistenței caracteristice la compresiune „in-situ” prin metode indirecte	36
8.3 Evaluarea în cazurile în care conformitatea betonului bazată pe încercările standard prezintă dubii	41
8.4 Evaluarea rezistenței betonului prin metoda nedistructivă combinată	42
Anexa A (informativă) Scheme logice de aplicare a metodelor de evaluare a rezistenței la compresiune a betonului	47
Anexa B (informativă) Exemple de prelucrare a rezultatelor obținute prin aplicarea metodelor de evaluare a rezistenței la compresiune a betonului	50
Anexa C (informativă) Comentarii și recomandări	63
Bibliografie	65
Traducerea autentică a documentului normativ în limba rusă	67

Introducere

Evaluarea rezistenței la compresiune a betonului din structuri reprezintă o activitate deosebit de importantă având în vedere că aceasta furnizează date cu privire la cea mai importantă caracteristică a betonului, clasa sa de rezistență. Această activitate este necesară, în principal, în două situații/cazuri:

- A. Evaluarea structurilor existente din beton;
- B. Determinarea calității betonului din construcții noi, în cazul în care există dubii privind calitatea, neconformitatea betonului la stații etc.

Prezentul Cod practic în construcții furnizează tehnici pentru evaluarea „in-situ” a rezistenței la compresiune a betonului din structuri și din elemente prefabricate. Încercarea rezistenței „in-situ” ia în considerare atât efectele materialelor, cât și pe cele ale execuției (compactare, protejarea betonului până la întărire etc.).

Aceste încercări nu înlocuiesc încercările betonului conform SM EN 206+A1.

La nivel european, evaluarea rezistenței betonului din construcții existente se face în conformitate cu standardul EN 13791. Se specifică faptul că evaluarea rezistenței la compresiune a betonului este necesară, în principal, în următoarele cazuri:

- a) structura din beton armat a construcției se va modifica sau își va schimba destinația;
- b) există dubii în legătura cu valoarea rezistenței la compresiune a betonului din diferite cauze legate de: punerea în opera, de incendiu, diferite deteriorări ale betonului etc.;
- c) este necesară evaluarea rezistenței betonului în timpul execuției construcției;
- d) s-au constatat neconformități ale rezistenței la compresiune a betonului în urma încercării probelor de beton produs la stații etc.

Evaluarea rezistenței la compresiune a betonului se efectuează în conformitate cu standardul SM SR EN 13791 „Evaluarea in-situ a rezistenței la compresiune a betonului din structuri și din elemente prefabricate”, pe baza schemei prezentate în Figura 1, iar principalele metode de încercare se aplică în conformitate cu standarde din seria SM SR EN 12504 „Încercări pe beton în structuri”.

Pentru condiții de producție și materiale componente specifice, acolo unde prevederile naționale permit, elaborarea unui proiectul economic poate fi posibilă prin evaluarea coeficientului parțial de siguranță γ_c din cunoașterea rezistenței la compresiune „in-situ” și a rezistenței epruvetelor de încercat standardizate.

Atunci când se evaluează rezistența la compresiune în alte cazuri decât verificarea calității betonului sau a calității execuției lucrărilor de construcții sau înainte de recepția finală a construcției pentru utilizare, reducerea adecvată a coeficientului parțial de siguranță trebuie să fie determinată de la caz la caz, conform prevederilor naționale.

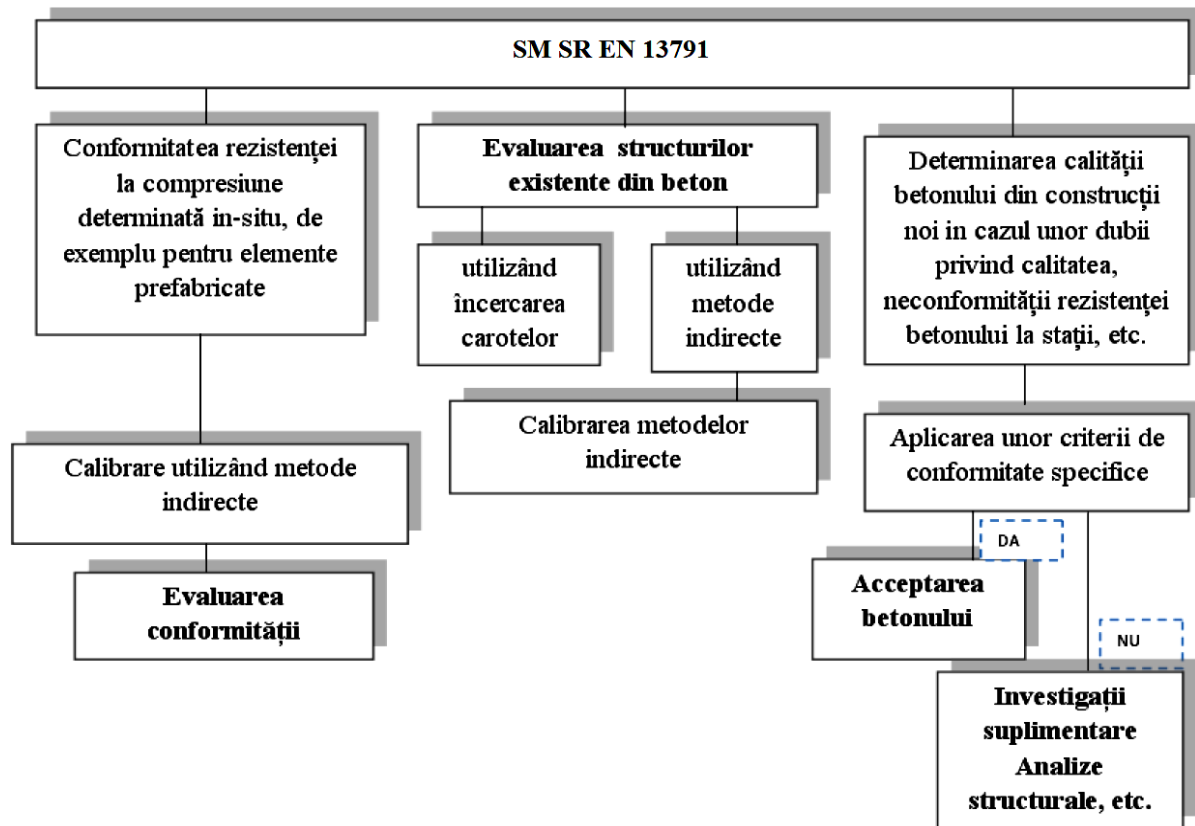


Figura 1 - Schema privind principiile de aplicare a evaluării „in-situ” a rezistenței caracteristice la compresiune a betonului

C O D P R A C T I C Î N C O N S T R U C Ț I I

Evaluarea in-situ a rezistenței la compresiune a betonului din structuri și din elemente prefabricate

Оценка прочности на сжатие конструкций и элементов сборного бетона в реальных условиях

Assessment of in-situ compressive strength in structures and precast concrete components

Data punerii în aplicare: 2019-00-00

1 Domeniu de aplicare

1.1 Prevederile prezentului Cod practic în construcții (în continuare - Cod) se aplică, în principal, pentru evaluarea rezistenței la compresiune a betonului, la:

- a) construcțiile existente, în următoarele cazuri:
 - 1) modificări sau schimbări de destinație ale structurii;
 - 2) evaluarea seismică a structurilor existente;
- b) construcțiile noi, în următoarele cazuri:
 - 1) evaluarea rezistenței betonului în timpul execuției structurii;
 - 2) la evaluarea construcției conform criteriilor de conformitate în cazurile în care este posibilă reducerea rezistenței la compresiune a betonului din structură din cauza performanțelor de calitate slabă, în cazul deteriorării (degradării) betonului sub influența focului sau a altor factori;
 - 3) constatări de neconformitate a rezistenței la compresiune a betonului în urma încercării probelor de beton la stații de producere a betonului;
 - 4) neefectuarea de prelevări de probe la locul turnării.

1.2 Metodele de evaluare a rezistenței la compresiune a betonului prezentate în Cod sunt:

- a) metode nedistructive (metoda ultrasunetelor, metoda de duritate superficială);
- b) semi-distructive (metoda smulgerii în adâncime);
- c) distructive (metoda carotelor);
- d) simple sau combinate.

1.3 Acest Cod prezintă pentru fiecare metodă/combinație de metode posibilitățile de aplicare, precizia de estimare a rezistenței, precum și principiile și metodologia pentru stabilirea relațiilor între rezultatele încercărilor și rezistența la compresiune a betonului.

1.4 Prezentul Cod nu tratează următoarele:

- a) determinarea calității betonului din construcții îngropate;
- b) determinarea porozității și a rezistenței la întindere prin despicare a betonului utilizând metoda carotelor;
- c) determinarea proprietăților elasto-dinamice, a omogenității, a defectelor și a degradărilor ascunse ale betonului utilizând metoda ultrasunetelor.

1.5 Metodele de evaluare „in-situ” a rezistenței la compresiune a betonului din structuri și din elemente prefabricate se efectuează de către laboratoare acreditate/recunoscute conform [1].

1.6 Prevederile prezentului Cod se adresează proiectanților, executanților de lucrări, specialiștilor cu activitate în domeniul construcțiilor atestați în conformitate cu [2], organismelor de verificare și control (verificarea și/sau expertizarea proiectelor, verificarea, controlul și/sau expertizarea lucrărilor), precum și investitorilor/beneficiarilor de construcții.

2 Referințe normative

Următoarele documente, în totalitate sau parțial, sunt referințe normative în acest Cod și sunt indispensabile pentru aplicarea acestuia. Pentru referințele date, se aplică numai ediția citată. Pentru referințele nedatate, se aplică ultima ediție a documentului la care se face referire (inclusiv, eventualele amendamente).

CP H.04.04:2018	Betoane și mortare Beton. Specificație, performanță, producție și conformitate
SM EN 206+A1:2017	Beton. Specificație, performanță, producție și conformitate
SM EN 1992-1-1:2011	Eurocod 2: Proiectarea structurilor de beton. Partea 1-1: Reguli generale și reguli pentru clădiri
SM SR EN 12350-1:2011	Încercare pe beton proaspăt. Partea 1: Eșantionare
SM EN 12390-1:2015	Încercare pe beton întărit. Partea 1: Formă, dimensiuni și alte condiții pentru epruvete și tipare
SM SR EN 12390-2:2011	Încercare pe beton întărit. Partea 2: Pregătirea și păstrarea epruvetelor pentru încercări de rezistență
SM SR EN 12390-3:2011	Încercare pe beton întărit. Partea 3: Rezistența la compresiune a epruvetelor
SM SR EN 12390-4:2011	Încercare pe beton întărit. Partea 4: Rezistența la compresiune. Caracteristicile mașinilor de încercare
SM SR EN 12390-6:2011	Încercare pe beton întărit. Partea 6: Rezistența la întindere prin despicare a epruvetelor
SM CEN/TS 12390-9:2017	Încercare pe beton întărit. Partea 9: Rezistență la îngheț-dezghet cu ajutorul sărurilor de dezghețare. Exfoliere
SM SR EN 12504-1:2011	Încercări pe beton în structuri. Partea 1: Carote. Prelevare, examinare și încercări la compresiune
SM EN 12504-2:2016	Încercări pe beton în structuri. Partea 2: Încercări nedistructive. Determinarea indicelui de recul
SM EN 12504-3:2015	Încercări pe beton în structuri. Partea 3: Determinarea forței de smulgere
SM SR EN 12504-4:2016	Încercare pe beton. Partea 4: Determinarea vitezei de propagare a ultrasunetelor
SM SR EN 13791:2011	Evaluarea in-situ a rezistenței la compresiune a betonului din structuri și din elemente prefabricate

3 Termeni, definiții și simboluri

3.1 Termeni și definiții

Pentru a interpreta corect prezentul Cod se aplică termenii conform CP H.04.04 și SM SR EN 13791, cu următoarele completări:

3.1.1**abaterea standard**

abaterea standard (de sondaj), $s = \{[(x_1 - M)^2 + (x_2 - M)^2 + \dots + (x_n - M)^2]/(n - 1)\}^{1/2}$ este un estimator al abaterii standard a populației, presupunând că există n rezultate în eșantion cu valorile $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ având media $M(x_1 + x_2 + \dots + x_n)/n$

3.1.2**carotă**

cilindru extras dintr-un element/structură de beton (simplu, armat sau precomprimat), prin operația de tăiere

3.1.3**duritatea suprafeței betonului (duritatea superficială)**

proprietatea suprafeței betonului măsurată în termenii unei proporții a energiei returnate unei mase standardizate în urma impactului acesteia cu suprafața betonului

3.1.4**eroarea standard**

eroarea standard $SE_x = s/\sqrt{n}$ reprezintă raportul între abaterea standard și rădăcina pătrată a numărului de rezultate, n

3.1.5**in situ**

în mediul natural, în condiții de construcție (șantier), la fața locului

3.1.6**încercări nedistructive**

încercări care nu provoacă deteriorări ale elementului în timpul investigațiilor

3.1.7**loc de încercare**

suprafață limitată, aleasă pentru măsurătorile utilizate pentru a estima un rezultat al încercării, care urmează a fi folosit la evaluarea rezistenței la compresiune „in-situ”

3.1.8**rezistența caracteristică la compresiune „in-situ”**

valoarea rezistenței la compresiune „in-situ” sub care se pot situa 5 % din populația tuturor rezultatelor determinărilor de rezistență posibile ale volumului de beton considerat, determinate cu un nivel de încredere de 0,95

NOTĂ – Această populație este puțin probabil să fie aceeași populație folosită pentru a determina conformitatea betonului proaspăt din SM EN 206+A1.

3.1.9**rezistența la compresiune a carotei**

rezistența la compresiune a unei carote, determinată în conformitate cu SM SR EN 12504-1

3.1.10**rezistența la compresiune de referință**

rezistența la compresiune a betonului obținută prin aplicarea directă a metodei combinate

3.1.11**rezistența la compresiune efectivă**

rezistența la compresiune a betonului obținută din rezistența la compresiune de referință prin aplicarea coeficienților de influență

3.1.12**rezistența la compresiune „in-situ”**

rezistența betonului dintr-un element structural/element prefabricat, exprimată în termenii rezistenței echivalente a unei epruvete standardizate, cub sau cilindru, prelevate, fabricate, menținute și încercate în conformitate cu SM SR EN 12350-1, SM SR EN 12390-2 și SM SR EN 12390-3.

3.1.13**zona de încercare**

unul sau mai multe elemente structurale sau elemente prefabricate din beton, presupuse sau cunoscute a aparține aceleași populații. O zonă de încercare cuprinde mai multe locuri de încercare

3.2 Simboluri

În scopul prezentului Cod se utilizează următoarele simboluri:

d	diametrul carotei;
d_r	distanța de la axul barei până la cel mai apropiat capăt al carotei;
f_{is}	rezultatul încercării rezistenței la compresiune „in-situ”;
$f_{is,min}$	cel mai mic rezultat al încercării rezistenței la compresiune „in-situ”;
$f_{m(n),is}$	media rezistenței la compresiune „in-situ” din n rezultate ale încercării;
$f_{car.}$	rezistența la compresiune a betonului obținută pe carote;
$f_{c,ref}$	rezistența la compresiune de referință a betonului obținută prin aplicarea metodei combinate;
$f_{c,ef}$	rezistența la compresiune efectivă a betonului obținută din rezistența de referință după aplicarea coeficienților de influență;
$f_{c,exp.i}$	rezistența la compresiune a betonului obținută prin încercări distructive la aplicarea metodei combinate;
f_{ck}	rezistența caracteristică la compresiune;
$f_{ck,is}$	rezistența caracteristică la compresiune „in-situ”;
$f_{ck,is,cub}$	rezistența caracteristică la compresiune „in-situ”, exprimată prin rezistența echivalentă a unui cub cu latura de 150 mm;
$f_{ck,is,cyl}$	rezistența caracteristică la compresiune „in-situ” exprimată prin rezistența echivalentă a unui cilindru de 150 mm $\times$ 300 mm;
$f_{is,l}$	rezultatul încercării rezistenței la compresiune „in-situ”, evaluat prin metode indirecte de încercare, atunci când este stabilită o relație specifică prin intermediul încercărilor pe carotă (varianta 1);
$f_{is,F}$	rezultatul încercării rezistenței la compresiune „in-situ”, estimat prin încercările de smulgere validate prin încercările pe carotă (varianta 2);
$f_{is,R}$	rezultatul încercării rezistenței la compresiune „in-situ”, estimat prin încercările cu sclerometrul validate prin încercările pe carotă (varianta 2);
$f_{is,v}$	rezultatul încercării rezistenței la compresiune „in-situ”, estimat prin încercările privind viteza de propagare a ultrasunetelor validate prin încercările pe carotă (varianta 2);
f_F	valoarea inițială a rezistenței „in-situ”, obținută din curba de bază pentru o forță de smulgere; forța de smulgere F este utilizată pentru a determina deplasarea;
f_R	valoarea inițială a rezistenței „in-situ”, obținută din curba de bază a încercării cu sclerometrul; coeficientul de recul R este utilizat pentru a determina deplasarea;
f_v	valoarea inițială a rezistenței „in-situ”, obținută din curba de bază pentru o viteză a ultrasunetelor; viteza impulsului cu ultrasunete v este folosită pentru a determina decalajul;

γ_c	coeficient parțial de siguranță pentru beton;
K	limită asociată unor numere mici de rezultate ale încercărilor;
k_1	coeficient care depinde de numărul de încercări cuplate;
k_2	coeficient având valoarea de 1,48;
l	înălțimea/lungimea carotei;
n	numărul de rezultate ale încercărilor;
s	abatere standard;
v	rezultatul încercării privind viteza de propagare a ultrasunetelor aplicat la metoda indirectă;
t_{cut}	grosimea coroanei diamantate a cuțitului cu care se taie carota;
A_{car}	secțiunea transversală a carotei;
F	rezultatul încercării la forța de smulgere;
F_{car}	forța maximă atinsă la încercarea carotelor;
L	distanța emițător-receptor în linie dreaptă;
N	valoarea indicelui de recul;
R	indicele de recul (rezultatul încercării cu sclerometrul);
T	timpul de propagare al impulsurilor în beton;
V_a	viteza de propagare a ultrasunetelor în armătură;
V_B	viteza reală de propagare a ultrasunetelor în beton;
V_L	viteza de propagare longitudinală a ultrasunetelor;
Δf	valoarea decalării curbei de bază;
δf	diferența între rezistența carotei și valoarea rezistenței conform relației de bază;
$\delta f_{m(n)}$	media a n valori ale δf ;
$\Phi_{max.agr}$	dimensiunea maximă a agregatului;
Φ_{arm}	diametrul armăturii.

4 Prevederi generale

4.1 Prezentul Cod prezintă principalele metode/proceduri de încercare și metode de evaluare „in- situ” a rezistenței betonului din structuri și din elemente prefabricate.

4.2 Totodată, se fac recomandări asupra alegerii metodei de investigare celei mai adecvate, în funcție de condițiile de încercare, pentru a se obține valori ale rezistențelor la compresiune estimate cât mai apropiate de cele reale. Pentru fiecare metodă sunt expuse în detaliu situațiile în care folosirea acesteia este indicată/contraindicată.

4.3 Pentru evaluarea rezistenței la întindere a betonului, aceasta se poate determina prin:

- a) calcul, pe baza prevederilor din standardul SM EN 1992-1-1 referitoare la relațiile între rezistența la întindere și rezistența de compresiune;
- b) încercarea carotelor în mod direct (rezistența la întindere prin despicare, conform SM SR EN 12390-6).

5 Planificarea investigațiilor privind evaluarea rezistenței la compresiune a betonului

5.1 Considerații generale

5.1.1 Evaluarea rezistenței la compresiune a betonului din structuri furnizează date cu privire la cea mai importantă caracteristică a betonului - clasa sa de rezistență. Identificarea acestuia este necesară, în principal, la:

- a) evaluarea structurilor existente din beton;
- b) determinarea calității betonului din construcțiile noi, în cazul în care există dubii privind calitatea, neconformitatea betonului la stații de preparare a acestuia etc.

5.1.2 Metodele de evaluare a rezistenței la compresiune a betonului sunt prezentate la Capitolul 8. Evaluarea rezistenței se face pe baza rezultatelor obținute aplicând metodele de încercare prezentate la Capitolul 7.

5.1.3 În Cod sunt prezentate următoarele metode de încercare: metoda carotelor (7.1), metoda ultrasunetelor (7.2), metoda de duritate superficială (7.3), încercarea betonului prin metoda nedistructivă combinată (7.4) și metoda smulgerii în adâncime (7.5).

NOTĂ - Echipamentul de testare, metodele de încercare și prezentarea rezultatelor încercărilor trebuie să respecte cerințele din SM SR EN 12504-1, SM EN 12504-2, SM EN 12504-3 și SM SR EN 12504-4.

5.2 Clasificarea metodelor de încercare

Metodele de încercare se pot clasifica pe baza următoarelor criterii:

5.2.1 Locul efectuării încercărilor:

- a) in-situ;
- b) în laborator.

5.2.2 Domeniile de aplicare a unor ramuri ale fizicii:

- a) metode mecanice prin șoc;
- b) metode ultrasonice;
- c) metode electromagnetice.

5.2.3 Modul de determinare a rezistenței betonului:

- a) direct;
- b) indirect.

5.2.4 Efectul asupra betonului:

- a) distructiv;
- b) seminedistructiv;
- c) nedistructiv.

5.2.5 Aplicarea încercărilor nedistructive:

- a) simple;
- b) combinate.

5.3 Selectarea programelor de încercare

5.3.1 Prevederi generale

Programul de încercări se selectează, în principal, în funcție de obiectivele investigațiilor, condițiile locale și alte condiții relevante.

5.3.2 Alegerea metodelor de investigare

Alegerea unei anumite metode de încercare dintre cele prezentate în Tabelul 1 depinde de următorii factori:

a) zona de testare (încercare). Factorii care trebuie luați în considerare:

- 1) poziția betonului de testat (poziția de încercare) în element;
- 2) poziția secțiunilor celor mai solicitate;
- 3) variația rezistenței pe grosimea elementului;
- 4) poziția armăturilor identificată pe planșele din documentația de proiect sau utilizând pahometrul;
- 5) prezența unor defecte locale.

b) efectele distructive produse. Alegerea între utilizarea unor metode distructive sau nedistructive poate fi influențată de efectul:

- 1) testării pe suprafața aparentă a elementului;
- 2) realizării de găuri prin carotare;
- 3) tăierii armăturii.

c) precizia determinărilor. Nivelul de precizie depinde de:

- 1) metoda utilizată;
- 2) numărul de măsurători;
- 3) precizia și gradul de încredere al corelării între diferite metode.

În Tabelul 1 este prezentată o clasificare a celor patru metode de încercare a rezistenței la compresiune a betonului pe baza unor criterii generale de apreciere, cu evidențierea principalelor particularități (avantaje/limitări) ale aplicării fiecăreia dintre acestea.

Tabelul 1 - Avantajele și limitările aplicării diferitelor metode de încercare a rezistenței la compresiune a betonului

Zona testată	Tip metodă	Precizia estimării rezistenței	Viteza de efectuare	Ușurința de aplicare	Eficiența economică	Lipsa deteriorărilor
în adâncime	extragerea și încercarea carotelor	4	2	1	1	1
	viteza ultrasunetelor	2	3	3	3	4
în zona suprafeței	smulgerea în adâncime	2	2	1	1	2
la suprafață	duritatea suprafeței	1	4	4	4	4
NOTĂ - Punctajul de la 1 la 4 este acordat pentru clasificarea metodelor în funcție de diferite criterii de apreciere.						

5.3.3 Considerații privind precizia evaluării rezistenței „in-situ”

5.3.3.1 Gradul de încredere al evaluării rezistenței betonului crește odată cu numărul de încercări efectuate.

5.3.3.2 Cea mai directă metodă de evaluare „in-situ” a rezistenței betonului este testarea carotelor extrase din lucrare (metodă distructivă).

5.3.3.3 Cea mai indicată procedură de evaluare este combinarea metodelor de încercare nedistructive cu cele distructive. De exemplu, măsurarea vitezei ultrasunetelor (metodă nedistructivă) pe carote,

înainte de încercarea acestora prin metoda distructivă, crește gradul de încredere a măsurărilor efectuate „in-situ” aplicând metoda vitezei ultrasunetelor.

Totodată, investigarea unui număr cât mai mare de elemente prin aplicarea metodei vitezei ultrasunetelor, înainte de extragerea carotelor, conduce la o evaluare mai precisă a rezistenței betonului din structură.

5.3.3.4 În programul de încercare se poate alege o combinație dintre diferite metode de încercare care să permită:

- a) aplicarea unei metode ca preliminară alteia;
- b) utilizarea unui număr limitat de carote pentru realizarea corelării cu viteza ultrasunetelor pe anumite zone ale structurii, astfel încât metoda să poată fi utilizată la estimarea rezistenței betonului din întreaga structură;
- c) aplicarea a două sau mai multe încercări nedistructive care să conducă la o sporire a preciziei evaluării rezistenței betonului față de metodele simple.

5.3.4 Condiții locale

Condițiile care trebuie considerate la alegerea metodelor de investigare includ:

- a) starea generală a construcției de investigat, inclusiv în ceea ce privește posibilitatea de transport a echipamentelor de investigare;
- b) accesibilitatea în zonele de încercare;
- c) siguranța personalului care execută încercările și, în general, a persoanelor aflate în zonele de investigare.

5.3.5 Alte condiții de selectare

Programul de investigații trebuie să țină seama și de influența altor factori, precum:

- a) întârzierile de execuție pe durata efectuării încercărilor și analizării rezultatelor și luării deciziilor care se impun;
- b) necesitatea înlăturării betonului deteriorat și efectuării de reparații și/sau consolidări;
- c) particularitățile diferitelor metode de investigare;
- d) necesitatea de selectare a unui număr adecvat de încercări.

În Tabelul 1 se prezintă o clasificare a aplicării diferitelor metode de încercare pe baza unor criterii generale de apreciere.

6 Rezistența caracteristică la compresiune „in-situ” în raport cu clasa de rezistență la compresiune

6.1 Cerințele pentru rezistența caracteristică la compresiune minimă, determinată „in-situ” în conformitate cu standardul SM SR EN 13791, referitoare la clasele de rezistență la compresiune, determinate în conformitate cu SM EN 206 și CP H.04.04, sunt prezentate sintetic în Tabelul 2.

Tabelul 2 - Corespondența dintre rezistența caracteristică la compresiune „in-situ” minimă și clasa de rezistență la compresiune a betonului

Clasa de rezistență la compresiune în conformitate cu SM EN 206 și CP H.04.04	Rezistența caracteristică a betonului determinată „in-situ” în conformitate cu SM SR EN 13791	
	$f_{ck, is, cyl}$	$f_{ck, is, cub}$
C8/10	7	9
C12/15	10	13
C16/20	14	17
C20/25	17	21
C25/30	21	26
C30/37	26	31
C35/45	30	38

(continuă)

Tabelul 2 (continuare)

Clasa de rezistență la compresiune în conformitate cu SM EN 206 și CP H.04.04	Rezistența caracteristică a betonului determinată „in-situ” în conformitate cu SM SR EN 13791	
	$f_{ck, is, cyl}$	$f_{ck, is, cub}$
C40/50	34	43
C45/55	38	47
C50/60	43	51
C55/67	47	57

6.2 În Tabelul 3 se prezintă valorile rezistențelor caracteristice la compresiune ale betonului determinate „in-situ”. Aceste valori se obțin prin afectarea rezistenței caracteristice a betonului (clasa betonului) cu un coeficient subunitar γ_c , egal cu 0,85.

Tabelul 3 - Rezistența caracteristică la compresiune a betonului determinată „in-situ”

Clasele de rezistență la compresiune în conformitate cu SM EN 206	Raportul dintre rezistența caracteristică a betonului determinată „in- situ” și rezistența caracteristică a epruvetelor standard	Rezistența caracteristică a betonului determinată „in-situ”	
		$f_{ck, is, cyl}$	$f_{ck, is, cub}$
C8/10	0,85	7	9
C12/15		10	13
C16/20		14	17
C20/25		17	21
C25/30		21	26
C30/37		26	31
C35/45		30	38
C40/50		34	43
C45/55		38	47
C50/60		43	51
C55/67		47	57

NOTA 1 - Rezistența la compresiune a betonului într-o structură poate fi mai mică decât rezistența la compresiune, stabilită prin testarea eșantioanelor standard din același lot de beton.

NOTA 2 - Raportul de 0.85 este un coeficient de corecție pentru γ_c conform SM EN 1992-1-1.

7 Metode de încercare pentru evaluarea rezistenței la compresiune a betonului

7.1 Metoda carotelor

7.1.1 Considerații generale

7.1.1.1 Încercările prin extrageri de carote sunt încercări directe, distructive prin efectul pe care îl au asupra betonului din elementul examinat, și se efectuează în conformitate cu SM SR EN 12504-1.

7.1.1.2 Încercarea betonului cu ajutorul carotelor se folosește pentru obținerea unor informații privind calitatea betonului din lucrare, inclusiv asupra rezistenței la compresiune a acestuia.

7.1.1.3 Carotele nu reprezintă echivalentul pentru betonul din lucrare, al unei epruvete turnate, de aceeași formă și dimensiune. Acest fapt se datorează distrugerilor în structura betonului ce au loc atât pe suprafețele laterale, cât și pe cele de capăt ale carotei, în timpul operației de extragere și prelucrare.

Pentru obținerea rezistenței echivalente unui cub, cu latura de 150 mm, din același beton, este necesară aplicarea unor factori de corecție, care țin cont de aceste degradări.

7.1.2 Selectarea zonelor de extragere a carotelor

7.1.2.1 Pentru evaluarea rezistenței la compresiune „in-situ” a betonului dintr-o structură/element prefabricat din beton se face o planificare a zonelor de încercare (extragere a carotelor). Astfel, se

identifică una sau mai multe zone de încercare și în limitele fiecărei zone de încercare, se alege un număr de poziții de încercare. Alegerea mărimii pozițiilor de încercare depinde de metoda de încercare folosită. Numărul rezultatelor de încercare dintr-o zonă de încercare influențează gradul de încredere al evaluării.

7.1.2.2 Pentru evaluarea clasei de rezistență la compresiune a unei structuri existente, structura trebuie să fie împărțită în zone de încercare în care betonul se presupune că aparține aceleiași populații, fiind reprezentativ pentru calitatea generală (de exemplu, volumul de beton turnat odată, tehnologia de turnare utilizată, clasa betonului etc.). Un nivel al unei structuri etajate poate reprezenta o astfel de zonă, un planșeu de asemenea, dacă turnarea lui nu s-a făcut cu întreruperi importante.

7.1.2.3 În evaluarea rezistenței la compresiune „in-situ” trebuie luat în considerare faptul că cea mai scăzută rezistență a betonului este de obicei în apropierea suprafeței elementului structural, rezistența crescând odată cu creșterea adâncimii față de suprafață.

7.1.2.4 În cazurile în care trebuie evaluată capacitatea portantă a unei structuri existente, încercările trebuie să fie concentrate asupra betonului din elementele/părțile cele mai solicitate ale structurii.

În aceste cazuri, luarea probelor nu trebuie să afecteze în mod nefavorabil capacitatea portantă a structurii.

7.1.2.5 Atunci când trebuie evaluate tipul sau amploarea deteriorărilor, zonele de încercare trebuie să fie concentrate asupra elementelor/părților cu comportare nefavorabilă identificată/așteptată.

În aceste cazuri este utilă compararea rezultatelor cu cele obținute pe eșantioanele prelevate din părțile intacte ale structurii.

7.1.2.6 Înainte de stabilirea zonelor de extragere a carotelor, trebuie luate în considerare posibilele implicații ale acestor extrageri asupra siguranței structurale.

Selectarea zonelor de extragere a carotelor din elementele de construcții se stabilește de către proiectantul lucrării/expertul tehnic.

7.1.2.7 La selectarea zonelor de extragere a carotelor se vor avea în vedere următoarele:

- a) amplasarea în zonele care prezintă interes din punct de vedere al controlului calității betonului;
- b) evitarea, pe cât este posibil, a prelevării de carote prin armături;
- c) îndepărtarea de zonele în care pot fi intersectate armături (aceste zone pot fi stabilite pe baza proiectului și pot fi verificate prin măsurători nedistructive, metode electromagnetice);
- d) amplasarea în axa de simetrie sau cât mai aproape de aceasta a locului de extracție, la elementele verticale (stâlpi);
- e) amplasarea în zonele cu nivel redus de solicitare a betonului;
- f) deținerea de rezultate ale unor încercări nedistructive prealabile pentru verificarea controlului calității betonului, astfel încât rezultatele măsurărilor nedistructive să fie reprezentative pentru betonul din elementul examinat.

7.1.2.8 Carotele extrase din zone cu defecte locale (vizibile) nu pot fi utilizate decât la precizarea formei și a adâncimii defectului examinat. Carotele cu neomogenități importante în secțiune sau fisurate nu pot fi utilizate la determinarea rezistenței betonului din element.

7.1.3 Precizia încercării și numărul de carote

7.1.3.1 Generalități

Rezistența la compresiune a carotei (în continuare – rezistența carotei) (precizia încercării) este influențată de factori datorati caracteristicilor betonului și factori datorati variabilelor de încercare, inclusiv dimensiunile carotelor.

O parte dintre factorii de influență susmenționați trebuie avuți în vedere atunci când se evaluează rezultatele încercării.

7.1.3.2 Caracteristicile betonului

7.1.3.2.1 Grad de umiditate

Gradul de umiditate al carotei influențează rezistența măsurată. Rezistența unei carote saturate este cu 10 % până la 15 % mai scăzută decât aceea a unei carote comparabile uscate în aer care, în mod normal, are un grad de umiditate cuprins între 8 % și 12 %.

7.1.3.2.2 Porozitate

Porozitatea ridicată diminuează rezistența. Astfel, o porozitate de aproximativ 1 % diminuează rezistența cu 5 % până la 8 %.

7.1.3.2.3 Sensul de turnare a betonului în cofraj

Rezistența măsurată a unei carote, extrasă vertical în direcția turnării, poate fi mai mare decât rezistența unei carote extrase orizontal din același beton, în funcție de consistența betonului proaspăt. În acest caz, diferența de valoare poate varia între 0 % și 8 %.

7.1.3.2.4 Defecte locale

După extragerea carotelor, se pot identifica defecte la acestea generate din diverse cauze, între care: absorbția de apă în dreptul particulelor plate ale agregatului/în zonele de sub armăturile orizontale; golurile datorate segregării locale. Valabilitatea rezultatelor evaluării rezistenței pentru aceste carote, precum și capacitatea lor de a reprezenta rezistența „in-situ” generală, sunt aspecte care trebuie evaluate separat.

7.1.3.3 Variabile de încercare

La metoda carotelor, precizia de încercare depinde de respectarea unor tehnici de extragere privind:

- a) asigurarea direcției de extragere a carotelor riguros perpendiculare pe „fața de atac” a carotierei, astfel încât carotele să nu sufere nici o degradare; în vederea asigurării perpendicularității direcției de tăiere pe fața de atac, se recomandă testarea adecvată a carotierei și încastrarea ei corespunzătoare în element;
- b) evitarea, pe cât posibil, a extragerii carotelor pe suprafața de turnare sau în vecinătatea ei; se vor prefera extragerile de carote de pe fețele verticale cofrate, cu centrul carotei la cel puțin 15-20 cm de fața de turnare; în cazul în care nu se dispune de asemenea suprafețe, se admit încercările pe suprafețele de turnare;
- c) asigurarea, pe tot timpul carotării, a răcirii cu apă corespunzătoare a coroanei diamantate și a betonului pentru a se evita degradarea excesivă, prin încălzire, a acestora;
- d) interzicerea utilizării coroanelor, din carborundum, indiferent de gradul lor de uzură, la betoanele preparate cu agregat cuarțos;
- e) asigurarea, în cazul în care grosimea elementului încercat este redusă (sub 30 cm), a extragerii carotei pe toată grosimea elementului și fracționarea ei ulterioară prin tăiere (procedura asigură un paralelism mai bun al fetelor de capăt);
- f) în cazul în care grosimea elementului încercat este mare (peste 30 cm), este necesară desprinderea epruvetei de pe fund prin acționarea în consolă a carotei cu o pârgă sau pană, în șanțul produs prin carotare. Totodată, se va urmări obținerea unor suprafețe de capăt cu denivelări minime (sub 2 cm);
- g) nu se admit pentru încercare carote ce conțin armături longitudinale sau înclinate la mai puțin de 45° față de axa carotei;
- h) asigurarea efectuării transportului și manipulării de la locul de extracție, la locul de păstrare și încercare, în condiții care să împiedice degradarea carotei.

7.1.3.4 Variabile ale carotelor

7.1.3.4.1 Diametrul carotei

Diametrul carotei influențează rezistența măsurată și variabilitatea rezistenței. Rezistența unei carote forate orizontal cu diametrul de 100 mm și o înălțime egală cu diametrul ($l/d = 1$), corespunde rezistenței epruvetelor cubice cu o dimensiune a laturii de 150 mm.

În carotele cu diametre mai mici de 100 mm și $l/d = 1$, variabilitatea rezistenței este, în general, mai mare. Din acest motiv, la carotele de 50 mm este recomandată utilizarea unui număr de trei ori mai mare de carote decât atunci când încercările se efectuează pe carote cu diametrul de 100 mm, cu o interpolare liniară pentru diametrele cuprinse între 100 și 50 mm. Variabilitatea rezistenței măsurate a betonului crește odată cu descreșterea diametrului.

Carotele cu un diametru mai mic de 50 mm (micro-carote) necesită proceduri de încercare care nu fac obiectul prezentului Cod.

7.1.3.4.2 Raportul lungime/diametru

Raportul lungime/diametru influențează rezistența măsurată. Rezistența descrește pentru rapoartele $l/d > 1$ și crește pentru rapoartele $l/d < 1$. Acest fapt se datorează, în principal, presiunii exercitate de platanele mașinii de încercare.

7.1.3.4.3 Planeitatea extremităților carotei

Abaterea de la planeitate diminuează rezistența măsurată. Toleranța pentru planeitate trebuie să fie aceeași ca pentru epruvetele standard, în conformitate cu SM EN 12390-1.

7.1.3.4.4 Pregătirea extremităților carotei

Stratul de rezistență mică generează o diminuare a rezistenței. Straturile subțiri din mortar de rezistență mare sau din pastă de sulf nu influențează semnificativ rezistența. Se recomandă rectificarea acestor extremități.

7.1.3.4.5 Efectul carotării

Operațiile de carotare pot produce deteriorări la betonul tânăr sau la betonul slab calitativ care, în mod normal, nu pot fi observate pe suprafața decupată.

O carotă poate fi calitativ mai slabă decât un cilindru din același beton turnat, deoarece suprafața acesteia include fragmente tăiate ale granulelor de agregat, care pot fi reținute pe suprafață numai prin aderența matricei de legătură (prezența acestor particule contribuie în mică măsură la rezistența carotei).

7.1.3.4.6 Armătura

Carotele folosite la măsurarea rezistenței betonului nu trebuie să conțină bare de armătură. Atunci când acest lucru nu poate fi evitat, este de așteptat să se constate o diminuare a rezistenței măsurate la carota care conține armătură (altfel decât de-a lungul axei sale). Orice carotă, care conține bare de armare în sau aproape de axa longitudinală, nu este adecvată pentru încercarea de rezistență.

7.1.3.5 Numărul de carote

Alegerea numărului de carote extrase se face în funcție de următoarele criterii:

- a) scopul examinării (evaluarea structurilor existente din beton, determinarea calității betonului din construcții noi, în cazul în care există dubii privind calitatea, neconformitatea betonului la stații etc.). În cazul construcțiilor existente numărul de probe va fi stabilit de expert, iar în cazul construcțiilor noi de către proiectant/expert; se recomandă ca numărul de probe să fie cel puțin egal cu cel recomandat în cazul prelevării probelor la locul de turnare*;
- b) numărul elementelor structurale investigate;
- c) variațiile locale ale calității betonului de la un element la altul, precum și în interiorul aceluiași element;
- d) gradul și modul de solicitare a elementului;
- e) amploarea avariilor produse;
- f) diametrul carotelor;
- g) modalitatea de evaluare a rezistenței betonului utilizând încercarea carotelor (metoda independentă, corelarea cu metode indirecte).

* La selectarea numărului de carote extrase dintr-o structură se va ține seama de necesitatea de a calcula o rezistență a betonului, care să caracterizeze o zonă specifică (populație) distinctă a structurii (de exemplu, mulțimea

carotelor care caracterizează, după caz, fie aceeași clasă de beton, fie același tip de element, fie un nivel dat al construcției).

Aspecte suplimentare cu privire la alegerea numărului de carote sunt prezentate la 8.1.2.

7.1.4 Mărimea carotelor

7.1.4.1 Diametrul d al carotei ce se extrage depinde de următoarele elemente:

- a) dimensiunea maximă a agregatului;
- b) distanța minimă între armături în zona de extracție;
- c) diametrul interior al cuțitelor de tăiere;
- d) rezervele de rezistență sau nivelul de solicitare, în zona de extracție.

7.1.4.2 Se recomandă ca diametrul carotei să fie $d = 100$ mm. Când nu se pot extrage carote având acest diametru (de exemplu, din cauza aglomerărilor de armatură sau când este imposibil să se obțină rapoarte între înălțimea carotei și diametrul mai mari de 1 se acceptă și carote având diametre mai reduse (a se vedea 7.1.3.4).

7.1.4.3 Diametrul carotei se recomandă să fie cel puțin de 3 ori mai mare decât dimensiunea maximă a agregatului $\Phi_{\max.\text{agr}}$, dar în orice caz nu mai mic de 2 $\Phi_{\max.\text{agr}}$.

$$d \geq 3 \Phi_{\max.\text{agr}} \quad (7.1)$$

În raport cu distanța între armături a (în cm), în zona de extracție, se recomandă respectarea relației:

$$d \leq a - \Phi_{\text{arm}} - 2 t_{\text{cut}} - 3 \quad (7.2)$$

în care,

Φ_{arm} - diametrul armăturii în zona de extragere, în cm;

t_{cut} - grosimea coroanei diamantate a cuțitului cu care se taie carota, în cm.

7.1.4.4 În aprecierea slăbirii maxime admise a secțiunii elementului încercat se va ține seama că, de regulă, carotele nu sunt extrase pe toată adâncimea elementului, iar prin completarea ulterioară a golului produs prin forare este posibil ca să se realizeze numai refacerea parțială a secțiunii slăbite.

7.1.4.5 Lungimea carotei încercate distructiv, (în cm) este recomandabil să fie cel puțin egală cu diametrul și, în orice caz, cu valori cuprinse între:

$$d \leq l \leq 2d \quad (7.3)$$

7.1.5 Pregătirea carotelor înainte de încercare

7.1.5.1 După ce carotele au fost extrase cu ajutorul carotierei, acestea se șterg de apă, iar suprafața umedă datorită răcirii cu apă a betonului din timpul extragerii trebuie lăsată să se usuce nu mai mult de o oră de la extragere. După extragere, carotele se introduc în saci de plastic sau în containere neabsorbante astfel încât să nu se reducă umiditatea betonului și se mențin la temperatura mediului, ferite de contactul direct cu soarele.

7.1.5.2 Carotele se vor transporta la laborator în cel mai scurt timp posibil. În cazul în care umiditatea betonului carotelor trebuie să fie similară cu cea a betonului din lucrare, carotele se mențin în sacii de plastic până în momentul în care se realizează prelucrarea acestora la capete, astfel încât perioada de scoatere din sacii de plastic până la încercare să nu depășească 2 ore.

7.1.5.3 Dacă se utilizează apă în timpul prelucrării capetelor, aceste operațiuni trebuie efectuate cât de repede posibil și nu mai târziu de 2 zile de la extragerea carotelor.

7.1.5.4 După prelucrarea capetelor, respectând cerințele din SM SR EN 12504-1 (a se vedea Notele de la 7.1.5.5) se șterg probele, se lasă să se usuce și se introduc în saci de plastic. Se va minimiza durata expunerii cu apă în timpul prelucrării capetelor. Carotele vor rămâne în sacii de plastic pentru cel puțin 5 zile după ultimul contact cu apă, dacă nu există alte specificații privind efectuarea încercărilor. Dacă probele nu sunt menținute în saci, ci în condiții de laborator timp de minimum 3 zile se consideră că acestea sunt uscate în aer.

7.1.5.5 În cazul în care se cere ca încercarea carotelor să se facă în condiții de saturare a probelor acestea vor fi menținute cel puțin 48 de ore în apă la temperatura de 20 ± 2 °C înainte de încercare.

NOTA 1 - Obținerea de fețe de capăt plane, paralele între ele și perpendiculare pe generatoare, în conformitate cu SM SR EN 12390-3, și încadrarea în toleranțele, indicate în SM EN 12390-1, sunt condiții principale pentru corectitudinea încercării. Când fețele de capăt rezultă plane și paralele direct după operația de tăiere (sunt fețele cofrate ale betonului), rezistențele obținute la încercarea carotelor sunt maxime, întrucât nu se produce nici o degradare a suprafeței betonului prin prelucrarea mecanică a suprafețelor de capăt. Dacă acestea nu rezultă plane și perpendiculare pe generatoare după tăiere, există posibilități de prelucrare a suprafețelor prin:

- a) polizarea suprafețelor de capăt;
- b) tăierea suprafeței/suprafețelor de capăt;
- c) completarea zonelor de capăt cu material liant de adaos până la obținerea unei suprafețe plane, perpendiculare pe generatoare.

NOTA 2 - Polizarea suprafețelor de capăt se face cu ajutorul unor materiale abrazive acționate electromecanic. Se recomandă ca pe parcursul operației de polizare să se practice răcirea cu apă a betonului și a discului. Se admit pentru polizare, carote cu denivelări maxime de 2 - 3 mm. Tăierea carotelor se face cu fierăstrău electric, prevăzut cu cuțite diamantate, sub jet de apă de răcire.

NOTA 3 - Stratul de completare utilizat pentru nivelarea suprafețelor de capăt trebuie să aibă următoarele caracteristici:

- a) aderență bună la beton, astfel încât ruperea la tracțiune a unei epruvete să se facă în afara lipiturii;
- b) modulul de elasticitate apropiat de cel al betonului;
- c) rezistență la compresiune apropiată de a betonului încercat;
- d) viteză ridicată de întărire;
- e) grosime maximă de 1 cm.

NOTA 4 - Se recomandă utilizarea următoarelor straturi de nivelare:

- a) mortar epoxidic;
- b) mortar de ciment;
- c) pastă de sulf.

NOTA 5 - În cazul utilizării mortarului de ciment, ca strat de nivelare, se recomandă menținerea în apă timp de minimum 24 de ore a carotei înainte de aplicarea nivelării, și alte 48 de ore înainte de încercare, începând de la o zi după aplicarea stratului de nivelare. Trebuie avută în vedere, și în acest caz, influența umidității asupra rezistenței obținute.

7.1.6. Aparatura și tehnica de încercare. Determinarea rezistenței la compresiune

7.1.6.1 Încercarea la compresiune se efectuează în conformitate cu SM SR EN 12390-3 utilizând o mașină de încercat la compresiune în conformitate cu SM SR EN 12390-4.

7.1.6.2 Pentru fiecare probă (carotă) rezistența la compresiune se determină prin împărțirea forței maxime F la aria secțiunii carotei A_{car} calculată pe baza diametrului mediu $f_{car} = F_{car}/A_{car}$, exprimând rezultatele la cea mai apropiată valoare de 0,5 MPa (N/mm²).

7.1.6.3 Rezistența obținută prin încercarea directă a unei carote, la presă, la compresiune, nu reprezintă rezistența betonului la compresiune în structură, definită ca rezistența unui cub cu latura de 150 mm, confecționat din același beton cu betonul din lucrare și păstrat în condiții standardizate sau în condiții similare cu cele ale structurii.

7.1.6.4 În cazul în care raportul între înălțimea și diametrul carotei este 2 rezultatele pot fi comparate cu rezistența cilindrică, iar în cazul în care raportul este 1, rezultatele pot fi comparate cu rezistența cubică.

7.1.6.5 Determinarea rezistenței „in-situ” dintr-un element f_{is} , respectiv echivalența cu rezistența obținută pe epruvete de forma cubică cu latura de 150 mm, se face cu relația:

$$f_{is} = a \times b \times c \times e \times g \times f_{car} \quad (7.4)$$

în care:

- a - coeficient de corecție, care ține seama de influența diametrului carotei (Tabelul 4);
- b - coeficient de corecție ce ține seama de raportul h/d între înălțimea și diametrul carotei (Tabelul 5);
- c - coeficient de corecție ce ține seama de influența stratului degradat (Tabelul 6);

e - coeficient de corecție, care ține seama de influența naturii stratului de adăugat pentru prelucrarea suprafeței (Tabelul 7);

g - coeficient ce ține seama de umiditate (Tabelul 8);

$$f_{car} = F_{car}/A_{car}$$

în care:

f_{car} - rezistența carotelor la compresiune, în MPa sau N/mm²;

F_{car} - forța maximă la cedare, în N;

A_{car} - secțiunea transversală a epruvetei în mm².

Tabelul 4 - Valorile coeficientului a

d (cm)	5	10	15
a	1,06	1,00	0,98

Tabelul 5 - Valorile coeficientului b

h/d	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00
b	1,00	1,09	1,19	1,22	1,25

Tabelul 6 - Valorile coeficientului c

Modul de obținere a suprafeței de capăt	c
Direct, din turnarea betonului fără prelucrări	1,00
Tăietura transversală pe o față	1,05
Rupere de pe fund pe o față	1,05
Tăieturi transversale pe ambele fețe	1,06

Tabelul 7 - Valorile coeficientului e

Natura stratului de nivelare	e
Suprafețe de beton cofrate rezultate din turnare	1,00
Mortar epoxidic	1,00
Mortar de ciment	1,07
Pastă de sulf	1,08

Tabelul 8 - Valorile coeficientului g

Umiditatea carotei (a se vedea 7.1.5)	g
Carotă uscată în aer	0,96
Carotă cu umiditate egală cu cea a betonului din element	1,00
Carotă menținută în apă 48 ore	1,09

NOTA 1 - În cazul în care carotele sunt încercate la o vârstă a betonului diferită față de cea de la 28 de zile și este necesară deducerea rezistenței corespunzătoare la 28 de zile, trebuie aplicați coeficienți de corecție care depind de tipul de ciment și de viteza de întărire a acestuia. Coeficienții de corecție h , sunt subunitari la vârste ale betonului mai mari de 28 de zile, iar valorile lor trebuie să țină seama de capacitatea mai mare de creștere în timp a rezistențelor cimenturilor cu adaosuri, în special de zgură.

NOTA 2 - Orientativ, la o vârstă a betonului de peste 1 an se pot considera următoarele valori ale coeficienților h :

- a) 0,9 - pentru cimenturi fără adaosuri;
- b) 0,85 - pentru cimenturi având sub 20 % adaosuri;
- c) 0,80 - pentru cimenturi cu peste 21 % adaosuri.

NOTA 3 - În cazul unei vârste mai mici a betonului, coeficienții de corecție se determină pe baza datelor de la producătorul de beton care, în conformitate cu prevederile din CP H.04.04, trebuie să se determine viteza de întărire a betonului (raportul între rezistența la compresiune la 2 zile și respectiv la 28 de zile).

NOTA 4 - În cazul în care carotele conțin una sau mai multe armături perpendiculare pe axa acestora, la valoarea lui f_{is} calculată în conformitatea cu relația (7.4) trebuie aplicat un coeficient supraunitar care se poate calcula, astfel:

$$h = 1,0 + (1,5 \sum \Phi_{arm} d_i/d \times l) \quad (7.5)$$

în care:

$\varnothing_{arm}$ - diametrul armăturii;
 d_r - distanța de la axul barei până la cel mai apropiat capăt al carotei;
 d - diametrul carotei;
 l - înălțimea carotei.

7.1.6.6 Modalitatea de prelucrare a rezultatelor obținute utilizând această metodă de încercare pentru evaluarea rezistenței betonului este prezentată la Capitolul 8.

7.2 Metoda ultrasunetelor

7.2.1 Considerații generale

7.2.1.1 Încercările realizate utilizând metoda ultrasunetelor sunt încercări nedistructive și se efectuează în conformitate cu SM SR EN 12504-4.

7.2.1.2 Metoda se bazează pe măsurarea timpului de propagare a impulsurilor ultrasonice în beton, între doi transductori (emițător și receptor) - palpatori.

Din această măsurătoare se deduce, de regulă în prima etapă, viteza de propagare longitudinală a ultrasunetelor în beton și ulterior, rezistența betonului ținând seama de compoziția sa. Corelarea între viteza ultrasunetelor și rezistența betonului trebuie făcută numai pentru un anumit amestec de beton. În cazul unui beton de compoziție necunoscută estimarea rezistenței numai pe baza vitezei ultrasunetelor nu este recomandată.

7.2.1.3 În metoda ultrasunetelor, un emițător alimentat corespunzător produce impulsuri ultrasonice care se propagă prin beton. Un receptor de ultrasunete captează aceste impulsuri și le transformă într-un semnal electric.

Un bloc electronic permite măsurarea timpului de propagare scurs între momentul emisiei și momentul recepției impulsului.

7.2.1.4 În funcție de modul de amplasare a transducerilor (palpatorilor) pe suprafața betonului, se disting următoarele tehnici de încercare:

- a) prin transmisie directă, când emițătorul și receptorul sunt situați coaxial pe două fețe opuse ale elementului (Figura 2);
- b) prin transmisie diagonală, când emițătorul și receptorul sunt situați pe fețe diferite ale betonului dar necoaxial (Figura 3);
- c) prin transmitere indirectă (tehnica de suprafață), când emițătorul și receptorul sunt situați pe aceeași față a elementului (Figura 4).

Pentru determinarea rezistenței betonului prin metodele indicate la Capitolul 8 se recomandă să se aplice tehnica de încercare prin transmitere directă, conform a).



Figura 2 - Tehnica transmisiei directe ultrasunetelor când emițătorul și receptorul sunt situați coaxial pe două fețe opuse ale elementului din beton

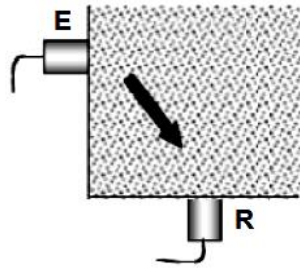


Figura 3 - Tehnica transmisiei pe diagonală a ultrasunetelor când emițătorul și receptorul sunt situați pe fețe diferite ale elementului din beton, dar necoaxial



Figura 4 - Tehnica transmisiei de suprafață (indirectă) – când emițătorul și receptorul sunt situați pe aceeași față a elementului din beton

7.2.2 Domeniu de aplicare

7.2.2.1 Prezentul Cod stabilește regulile de efectuare a măsurătorilor cu aparatură specifică (betonoscop) și de interpretare a rezultatelor încercărilor efectuate prin metoda ultrasonică pentru determinarea rezistenței betonului numai în combinații cu alte metode nedistructive sau distructive.

7.2.2.2 Folosirea metodei ultrasonice de impuls este indicată la:

- a) controlul calității betonului, îndeosebi când acesta este turnat în elemente masive sau prezintă defecte aparente sau ascunse;
- b) urmărirea întăririi betonului, îndeosebi în fazele inițiale ale acestui proces, când au loc modificări importante ale vitezei de propagare;
- c) determinarea degradărilor structurale ale betonului în timpul solicitărilor sau acțiunilor fizice sau chimice agresive;
- d) determinarea gradului de compactare al betonului în lucrare;
- e) încercarea elementelor la care există posibilitatea existenței unei diferențe sistematice între calitatea betonului în stratul de suprafață și în profunzime.

7.2.2.3 Folosirea metodei ultrasonice de impuls este contraindicată în următoarele cazuri:

- a) în zonele cu mari aglomerări de armătură mai ales când aceasta este orientată paralel cu direcția de propagare emițător-receptor;
- b) la determinarea rezistenței betonului în zone care acesta prezintă degradări structurale;
- c) la betoane de compoziție complet necunoscută;
- d) la betoane executate cu dozaje ridicate de ciment ($> 400 \text{ kg/m}^3$).

7.2.2.4 Viteza de propagare longitudinală a impulsurilor V_L se calculează cu relația:

$$V_L = L/T \text{ (Km/s)} \quad (7.6)$$

în care:

L - distanța emițător-receptor în linie dreaptă (lungimea parcursă de impuls), în mm;

T - timpul de propagare al impulsurilor în beton, în μs .

Pentru ca viteza măsurată să fie riguros o viteză de propagare longitudinală în mediu infinit, trebuie ca toate dimensiunile epruvetei (a , b , c) să satisfacă relația:

$$a, b, c \geq 2 \lambda \quad (7.7)$$

în care:

λ - lungimea de undă a ultrasunetului:

$$\lambda = V_L/n \quad (7.8)$$

în care:

n - frecvența oscilațiilor utilizate.

7.2.2.5 Eroarea care se face în definirea vitezei longitudinale în cazul nerespectării riguroase a condiției poate fi neglijată până la limita,

$$a, b, c \geq 1,2 \lambda \quad (7.9)$$

după care corecțiile ce se aplică devin prea importante pentru a fi neglijate.

În cazul în care una din dimensiunile elementului, este transversală pe direcția de propagare, se verifică relația:

$$b \text{ sau } c \leq \lambda \quad (7.10)$$

Viteza care se măsoară este o viteză longitudinală în plăci V_p corelată, pentru beton, cu viteza longitudinală în medii infinite V_L prin relația:

$$V_p \cong 0,96 V_L \quad (7.11)$$

În cazul în care ambele dimensiuni transversale ale elementului, verifică relația:

$$b \text{ și } c \geq 0,2 \lambda \quad (7.12)$$

7.2.2.6 Viteza care se măsoară este o viteză a undelor de dilatare V_D , corelată, pentru beton, cu viteza longitudinală în medii infinite prin relația:

$$V_D \cong 0,9 V_L \quad (7.13)$$

7.2.2.7 În domeniul situat între cel definit de relațiile (7.9) și (7.12) există un regim tranzitoriu în care viteza de propagare măsurată depinde de raportul dintre dimensiunile transversale ale epruvetei și lungimea de undă a ultrasunetului.

7.2.2.8 Viteza de propagare, măsurată în tehnica de suprafață, pe fața de turnare a betonului este mai mică de regulă cu 4 – 6 %, decât viteza de propagare măsurată prin transmisie directă, pe fețele cofrate, datorită proprietăților particulare ale stratului din vecinătatea suprafeței de turnare.

7.2.3 Selectarea zonelor de încercare și numărul de încercări

7.2.3.1 Alegerea elementelor de încercat se face de către proiectant sau de expert în funcție de tipul de structură din beton armat.

7.2.3.2 Numărul secțiunilor examinate pe fiecare element depinde de obiectivul examenului nedistructiv. Astfel, pentru controlul prin sondaj al rezistenței betonului în elemente sunt necesare minimum 3 secțiuni, situate în zonele de solicitare maxime ale elementului și, pe cât posibil, distribuite în lungul acestuia.

7.2.3.3 Numărul punctelor de încercare într-o secțiune depinde de latura secțiunii și de numărul de fețe accesibile pentru încercare.

În general, pentru controlul prin sondaj a rezistenței betonului numărul variază, între 3 și 6. În cazul aplicării metodei nedistructive combinate pentru evaluarea rezistenței caracteristice a betonului din elemente este necesar un număr de minimum 15 puncte de măsurare.

7.2.3.3.1 În cazul investigării epruvetelor, numărul punctelor de încercare este de minimum 3, pentru cuburile cu latura de 150 mm și pentru cilindrii de 150 × 300 mm.

Se va evita alegerea punctelor de încercare pe fața de turnare și chiar pe cea opusă acesteia. Se vor prefera încercările pe fețele laterale, cofrate ale elementului.

Se va evita alegerea direcției de încercare paralelă cu direcția armăturilor principale de rezistență, ca și amplasarea punctelor de încercare în zone cu mari concentrări, indiferent de orientarea acestora.

7.2.3.3.2 Distanța minimă a punctelor de încercare față de muchiile elementului trebuie să fie de 10 - 12 cm. În cazul investigării epruvetelor, punctele de încercare vor fi prevăzute în axul acestora (egal depărtate față de muchii).

7.2.3.3.3 Suprafața de beton pe care urmează a fi aplicat transductorul trebuie să fie perfect plană, lipsită de rugozități și de incluziuni de corpuri străine, inclusiv de praf. În acest scop se recomandă prelucrarea suprafețelor de beton prin frecare cu o piatră de carborund și suflarea suprafeței, după încheierea prelucrării, pentru înlăturarea prafului.

Suprafața de beton prelucrată trebuie să depășească suprafața transductorului.

7.2.3.4 Distanța minimă între punctele de emisie și recepție ale unei măsurători, utilizate la determinarea rezistenței betonului, trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

$$a) L \geq 2 \lambda \quad (7.14)$$

în care:

λ - lungimea de undă a ultrasunetelor utilizate.

Pentru betonoscoape cu palpatori de 50 kHz la betoanele obișnuite, relația (7.14) presupune un spațiu de circa 16 cm între aceștia.

$$b) L \geq 6 \Phi_{\max.\text{agr.}} \quad (7.15)$$

în care:

$\Phi_{\max.\text{agr.}}$ - dimensiunea maximă a agregatului utilizat la prepararea betonului.

Dimensiunea minimă a elementului normal pe direcția de încercare trebuie să îndeplinească condiția:

$$c) a \geq 2 \lambda \quad (7.16)$$

pentru ca viteza de propagare măsurată să corespundă vitezei longitudinale. Pentru betonoscoape cu palpatori de 50 kHz, la betoanele obișnuite, relația (7.16) presupune o dimensiune de circa 16 cm.

Dacă una din dimensiunile transversale ale elementului îndeplinește condiția (7.16), iar cealaltă dimensiune condiția:

$$d) b \geq \lambda \text{ (pentru 50 kHz, circa 8 cm)} \quad (7.17)$$

se poate admite, cu o marjă de eroare de 1,5 – 2 %, că viteza măsurată este cea corespunzătoare undelor longitudinale.

Dacă ambele dimensiuni transversale îndeplinesc condiția (7.17), dar nu îndeplinesc condiția (7.16) se poate admite cu o marjă de eroare de 3 %, că viteza măsurată este cea corespunzătoare undelor longitudinale.

7.2.3.5 La examinarea stâlpilor monoliți este util ca încercările să se facă pe ambele direcții ale stâlpului din secțiunea transversală.

Este necesară evitarea încercărilor în dreptul etrierilor. În acest scop se poate folosi fie metoda pachometrului pentru localizarea etrierilor, fie o identificare vizuală, combinată cu date de proiect (distanța dintre etrieri), fie exclusiv datele de proiect, din examinarea cărora se poate alege o distanță între secțiuni h_s definită ca multiplu fracționar al distanței din proiect între etrieri, astfel:

$$h_s = (5/4)h_e \quad (7.18)$$

care asigură ca cel puțin 3 din 4 secțiuni să fie situate în afara etrierilor.

Rezultatele încercărilor efectuate în dreptul etrierilor nu sunt considerate a fi cele reale, îndeosebi la punctele marginale ale secțiunii.

7.2.3.6 Trasarea și marcarea locurilor de încercare se face cu instrumente adecvate pentru a se obține o precizie a trasării de ± 1 cm.

În acest scop, sunt suficiente, de regulă, următoarele instrumente uzuale: nivelă, fir cu plumb, echer și metru și instrumente pentru marcat. La trasarea elementelor de mare serie, cum sunt cele realizate industrializat în fabricile de elemente prefabricate, se pot folosi șabloane.

7.2.4 Aparatura și tehnica de încercare. Determinarea rezistenței la compresiune

7.2.4.1 Aparatele cu ultrasunete folosite la determinarea nedistructivă a rezistenței la compresiune a betoanelor se recomandă să aibă palpatori de frecvență proprie de transformare a semnalului cuprinsă între 20 și 100 kHz. Frecvențele joase de 10 kHz, ca și cele înalte de 200 kHz, pot fi folosite numai în anumite cazuri. Palpatorii de înaltă frecvență (60 - 200) kHz se utilizează pentru elemente de grosimi mici (mai reduse de 50 mm), iar palpatorii de joasă frecvență (10 - 40) kHz pentru elemente de grosimi mari (până la 15 m).

Palpatorii cu frecvența între 40 și 60 KHz sunt utilizați pentru majoritatea aplicațiilor.

În afara acestor limite, contribuția dispersiei fizice și geometrice, la rezultatul măsurătorii, poate ajunge importantă. În cazul alimentării la rețeaua electrică, aparatele trebuie să fie capabile să suporte variații de tensiune de cel puțin plus 10 % și minus 15 %. În cazul alimentării la baterie, aceasta trebuie să asigure o autonomie de funcționare de cel puțin 4 ore.

Aparatul trebuie să fie capabil să asigure o măsurare a timpului de propagare a impulsurilor ultrasonice prin bara etalon $\pm 0,1 \mu s$ și o precizie de măsurare a timpului de cel puțin 2 %.

Instrumentele de măsurare a spațiului trebuie să asigure o precizie de măsurare a acestuia după cum urmează:

- a) $\pm 0,5$ % în condiții de laborator, pe epruvete;
- b) ± 1 % în condiții de șantier „in situ”, pe elemente.

Aparatul trebuie să dispună de un mijloc de verificare a măsurătorii de timp de propagare efectuate. Sistemul cel mai uzitat în acest scop este cel în care se folosește o bară de calibrare sau de etalonare.

Eliminarea timpului de propagare corespunzător propagării între transductori se face printr-o măsurătoare cap la cap (în contact direct emițător-receptor). Unele aparate au posibilitatea eliminării acestui timp de la început, în timp ce altele presupun extragerea lui din fiecare măsurătoare.

Întreaga aparatură de încercare trebuie să-și mențină performanțele de funcționare în următoarele condiții:

- temperatură între minus 10 °C și plus 45 °C;
- umiditate până la 90 %.

7.2.4.2 Tehnica de încercare presupune aplicarea unui strat de mediu cuplant pe suprafața transductorilor. Acesta trebuie aplicat în grosimea minimă necesară expulzării complete a aerului dintre palpator și beton, sau poate fi aplicat în exces dar, în acest caz, trebuie să fie suficient de fluid pentru a putea expulza excesul, prin presarea palpatorului pe beton.

Mediile cuplante recomandate pentru beton în funcție de rugozitatea suprafeței sunt: vaselina tehnică, vaselina siliconică, săpun lichid și plastilina.

Înainte de începerea măsurătorilor, inclusiv a reglajului de zero, aparatul trebuie lăsat în funcțiune un timp pentru a intra în regim termic de echilibru. Reglajul de zero trebuie făcut la o amplitudine a semnalului comparabilă cu cea care va fi utilizată ulterior la încercările pe beton. Reglajul se face prin menținerea în contact direct a celor doi transductori (emițător și receptor). Măsurarea timpului de propagare a impulsului în beton presupune următoarele etape:

- a) aplicarea transductorilor, prevăzuți cu mediu cuplant, pe suprafața betonului în zonele marcate, nivelate și curățate, și menținerea lor în contract ferm cu betonul, sub o forță minimă obținută prin aplicare manuală de ordinul a 10 kgf;
- b) amplificarea semnalului recepționat până la o amplitudine care permite identificarea clară a momentului sosirii semnalului, de ordinul 2,5 - 3 cm;
- c) măsurarea timpului de propagare scurs între momentul emisiei și momentul recepției semnalului acustic prin aducerea în coincidență a unui semnal de referință, cu momentul sosirii semnalului acustic (Figura 5).

Unele măsurători, ca cele referitoare la determinarea constantelor elasto-dinamice ale materialului, necesită o amplificare suplimentară a semnalului recepționat, până la amplitudinea maximă permisă de aparat, fără apariția zgomotului de fond, care să perturbe măsurătoarea (Figura 6).

Asemenea măsurători conduc la valori, în medie cu 1 – 3 % mai mici, ale timpului de propagare măsurat. Acestea nu sunt recomandate în măsurătorile legate de determinarea rezistenței betonului, întrucât rezultatul unei astfel de măsurători depinde de lungimea traiectoriei impulsului în beton.

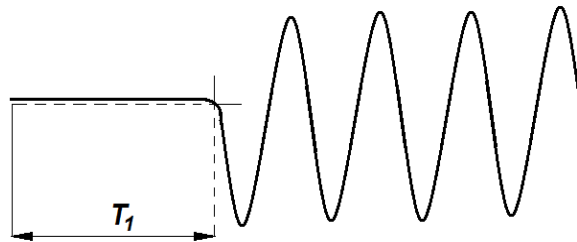


Figura 5 - Măsurătoarea de timp la amplitudine standard

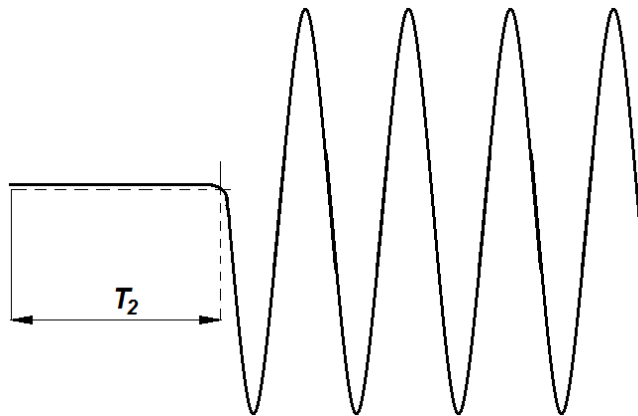


Figura 6 - Măsurătoarea de timp la amplitudine maximă

7.2.4.3 Influențe ale condițiilor de încercare

Rezultatele măsurătorii timpului de propagare a impulsurilor ultrasonice în beton pot fi influențate de unele condiții de încercare ca: starea suprafeței betonului, umiditatea, temperatura betonului în timpul încercării, frecvența undelor longitudinale transmise, dimensiunile probelor și armătura existentă în elemente.

7.2.4.3.1 Încercările pentru evaluarea rezistenței betonului nu se efectuează în zone cu defecte sau degradări ale betonului (goluri, segregări, fisuri etc.).

Pentru a reduce influența rugozității suprafeței betonului se introduce un strat cuplant de grosime variabilă între transductor și beton. Influența sa asupra rezultatului măsurătorii este cu atât mai mare cu cât rugozitatea suprafeței este mai mare, viteza în stratul cuplant mai mică, viteza în beton mai mare și distanța emițător-receptor mai mică.

Pentru a reduce influența stratului cuplant se recomandă realizarea următoarelor: prelucrare bună a suprafeței; distanțe relativ mari (peste 30 cm) între transductori (emițător-receptor); presiune semnificativă și uniform distribuită pe palpator în timpul măsurătorii; medii cuplante caracterizate prin viteze de propagare/impedanțe acustice mari.

Modul de alegere a suprafețelor de încercare (suprafețe laterale cofrate, suprafețe de fund cofrate sau suprafețe de turnare ale elementului) conduce la obținerea de viteze de propagare diferite la măsurători.

Fețele laterale ale elementelor de construcții constituie suprafețele cele mai omogene și mai reprezentative pentru calitatea betonului. Spre deosebire de acestea, suprafața de turnare este caracterizată printr-o viteză de propagare mai scăzută, ca urmare a efectului separării la suprafață a unui strat bogat în fracțiuni fine de agregat și lapte de ciment, sub acțiunea fenomenului de segregare. Investigarea acestei suprafețe trebuie evitată, pe cât posibil, în încercările cu ultrasunete. În cazul în care acest lucru nu este posibil se va asigura, în tehnica prin transmisie directă sau diagonală o grosime de beton de minimum 15 cm, iar în tehnica de suprafață o lungime de încercare de minimum 40 cm.

Suprafețele de fund ocupă o poziție intermediară între suprafețele laterale și cele de turnare. Încercările pentru evaluarea rezistenței betonului nu se efectuează în zone cu defecte sau degradări ale betonului (goluri, segregări, fisuri etc.).

7.2.4.3.2 Viteza ultrasunetelor este influențată din punct de vedere chimic și fizic de umiditatea betonului. Aceste efecte sunt importante pentru estimarea rezistenței betonului, între un specimen sub formă de cub sau cilindru tratat corespunzător și aceeași compoziție de beton dintr-un element structural pot fi diferențe importante ale vitezei ultrasunetelor. Aceste diferențe se datorează efectului condițiilor diferite de tratare a betonului, care produc niveluri diferite de hidratare a cimentului și apariției apei libere în pori.

7.2.4.3.3 Măsurătorile de viteză de propagare efectuate între plus 10 °C și plus 30 °C pot fi considerate independente de temperatură. În afara acestui interval influența temperaturii asupra măsurătorii nu mai poate fi neglijată și, în funcție de umiditatea betonului, se recomandă aplicarea corecțiilor din Tabelul 9.

Deoarece, pe măsură ce temperatura crește, viteza de propagare scade, iar pe măsură ce temperatura scade, viteza de propagare crește, corecțiile au ca scop anularea acestei variații.

Tabelul 9 - Corecții de temperatură ale vitezei de propagare V_L

Temperatura °C	Corecția %	
	Beton uscat în aer	Beton saturat în apă
+60	+5	+4
+40	+2	+1,7
+20	0	0
0	-0,5	-1
< -4	-1,5	-7,5

7.2.4.3.4 Lungimea traiectoriei impulsului influențează rezultatele măsurătorilor pe distanțe mici, când predominantă este propagarea rapidă în lungul agregatelor mari, caracterizate prin viteze de propagare mari.

Această influență poate fi evitată prin depășirea considerabilă a limitei prezentate în relația (7.15). De asemenea, pe distanțe mici trebuie evitate măsurătorile în câmp apropiat conform relației (7.14).

O altă influență a lungimii traiectoriei se manifestă în domeniul distanțelor mari, atunci când este folosită tehnica de măsurare la amplitudinea maximă. În acest caz pe măsură ce distanța emițător-receptor crește, scade amplitudinea semnalului recepționat și, deci, sosirea lui este apreciată mai târziu.

În vederea evitării acestui neajuns se recomandă măsurătorile la amplitudinea constantă, standardizată. În acest caz, influența dimensiunilor transversale a și b ale epruvetei rămâne destul de mică încă până la limita:

$$a \text{ și } b \geq \lambda \text{ (pentru 50 kHz de circa 8 cm)} \quad (7.19)$$

astfel încât, dacă se admit erori de viteză până la 3 % corecțiile pot fi neglijate. Se atrage atenția că erori datorate numai acestui factor conduc, totuși, la erori de estimare a rezistenței, de până la 12 %.

Dacă se coboară sub limitele relației (7.19) se intră într-un domeniu de tranziție între condițiile de propagare în mediu infinit și cele în plăci sau bare.

Întrucât atingerea condițiilor ideale de propagare în bare sau plăci presupune:

$$a \text{ sau } b \leq 0,2 \lambda \text{ (pentru 50 kHz de circa 8 cm)} \quad (7.20)$$

În cazul betonului, aceasta nu se realizează practic niciodată. Singura soluție ce se impune este evitarea domeniului mărginit superior de relația (7.19).

Dacă dimensiunea minimă a probei este mai mică decât lungimea de undă, modul de propagare se schimbă și viteza măsurată poate fi diferită.

În Tabelul 10 se prezintă efectul dimensiunilor epruvetelor asupra transmisiei ultrasunetelor.

Tabelul 10 - Efectul dimensiunilor epruvetelor asupra transmisiei ultrasunetelor

Frecvența transductorului, (kHz)	Viteza ultrasunetelor în beton, (km/s)		
	$v_c = 3,50$	$v_c = 4,00$	$v_c = 4,50$
	Dimensiunea minimă recomandată a epruvetei, (mm)		
24	146	167	188
54	65	74	83
82	43	49	55
150	23	27	30

7.2.4.3.5 Frecvența proprie a transducerilor exercită două tipuri de influențe: una indirectă prin modificarea limitei rezultate din relația (7.19), în cadrul dispersiei geometrice și a condițiilor de câmp îndepărtat; alta directă, datorită dispersiei fizice.

În scopul limitării influenței dispersiei fizice, în cazul betoanelor se recomandă utilizarea domeniului de frecvență al transducoarelor în conformitate cu 7.2.4.1.

Distanța de măsurare trebuie să aibă o dimensiune minimă în funcție de dimensiunea maximă a agregatelor. Se recomandă ca distanța minimă să fie 100 mm pentru betonul preparat cu agregate având dimensiunea maximă de până la 20 mm, respectiv 150 mm pentru betonul preparat cu agregate având dimensiunea maximă între 20 și 40 mm.

7.2.4.3.6 Viteza de propagare măsurată în beton, în vecinătatea barelor de armătură, poate fi influențată de existența acestora, ca urmare a propagării parțiale a impulsului prin armătură. Acestui fapt se datorează obținerea de viteze de propagare superioare în armătură față de cea din beton (în mod obișnuit de 1,2 - 1,8 mai mare).

Armăturile transversale pe direcția de măsurare reprezintă cazurile cele mai frecvente întâlnite, în cazul încercărilor pe stâlpi și grinzi.

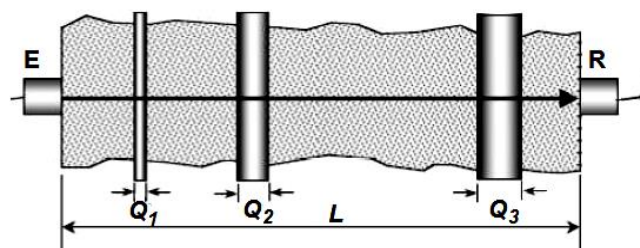


Figura 7 - Bare de armătură perpendiculare pe direcția de încercare

În cazul unei măsurători axate față de planul barelor de armătură ca în Figura 7, viteza de propagare reală a ultrasunetelor în beton (V_B) rezultă în funcție de viteza aparent măsurată, fără a se ține seama de existența armăturilor (V), și se determină cu relația:

$$V_B = V \frac{\left(1 - \frac{L a}{L}\right)}{\left(1 - \frac{L a L}{L V a}\right)} \quad (7.21)$$

în care:

V_a - viteza de propagare a ultrasunetelor în armătură;

$L_a = \sum \Phi_i$ - lungimea traseului impulsului parcurs prin armătură;
 L - distanța emițător-receptor.

Încercările au arătat că formula (7.21), deși teoretic corectă, nu se verifică integral în practică. Cauzele acestor neconcordanțe sunt generate de: stratul de beton ce înconjoară armătura înglobată, alinierea barelor, efectul dispersiei fizice etc. Pe baza încercărilor efectuate, valorile factorilor de corecție k_T care se utilizează pentru determinarea vitezei de propagare în beton cu:

$$V_B = k_T V \quad (7.22)$$

în care:

V_B - viteza reală de propagare în beton;

V - viteze de propagare măsurate, date în tabelele 11 - 13 pentru betoane caracterizate prin diferite viteze de propagare.

Tabelul 11 - Valori k_T ($V_B = 3500$ m/s)

L_a/L	$\Phi_{arm} \text{ (mm)}$					
	6	10	16	20	25	32
0	1	1	1	1	1	1
0,10	1	1	1	0,99	0,98	0,97
0,25	1	1	1	0,97	0,96	0,95
0,50	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92

Tabelul 12 - Valori k_T ($V_B = 4000$ m/s)

L_a/L	$\Phi_{arm} \text{ (mm)}$					
	6	10	16	20	25	32
0	1	1	1	1	1	1
0,10	1	1	1	1	0,99	0,95
0,25	1	1	1	1	0,98	0,96
0,50	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94

Tabelul 13 - Valori k_T ($V_B = 4500$ m/s)

L_a/L	$\Phi_{arm} \text{ (mm)}$					
	6	10	16	20	25	32
0	1	1	1	1	1	1
0,10	1	1	1	1	-	0,99
0,25	1	1	1	1	-	0,98
0,50	1	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95

Pentru betoane ce au viteze de propagare intermediare se va interpola liniar. Se remarcă că aceste valori sunt totdeauna mai apropiate de unitate decât cele prevăzute de relația teoretică (7.21), iar corecții semnificative nu apar decât de la bare cu diametrul mai mare de 20 mm și pentru trasee cumulate în armături mai mari de 1/4 din parcursul total al impulsului.

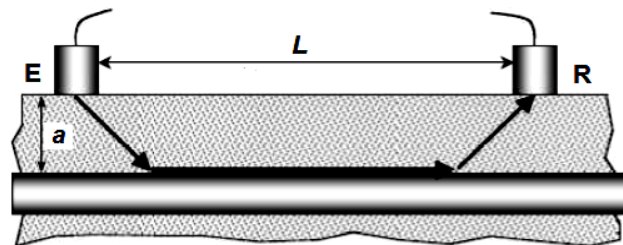


Figura 8 a) - Schema de propagare pentru bară de armătură paralelă cu direcția de încercare, în tehnica de suprafață

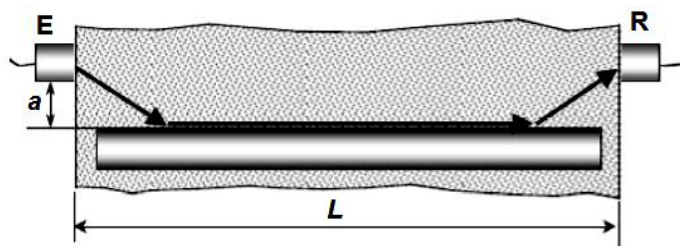


Figura 8 b) - Schema de propagare pentru bară de armătură paralelă cu direcția de încercare, în tehnica transmisiei directe

Armătura paralelă cu direcția de propagare a impulsului are o influență asupra rezultatului măsurătorii numai dacă distanța a între dreapta emițător-receptor și axa armăturii (Figura 8 a) și b)) îndeplinește condiția:

$$\frac{a}{L} < \frac{1}{2} \sqrt{\frac{V_a - V_B}{V_a + V_B}} \quad (7.23)$$

în care:

L - distanța emițător-receptor;

V_a - viteza de propagare în armătură;

V_B - viteza de propagare în beton.

În cazul în care armătura are o influență asupra rezultatului măsurătorii, viteza reală de propagare în beton V_B se calculează cu relația:

$$V_B = k_L V \quad (7.24)$$

în care:

k_L - coeficientul de corecție datorat influenței armăturilor longitudinale;

V_B - viteza de propagare a impulsurilor ultrasonice măsurată.

Valorile coeficientului de corecție k_L pentru betoane caracterizate prin diferite viteze de propagare sunt date în tabelele 14 – 16, pentru betoane caracterizate prin viteze intermediare se va interpola liniar.

Corecțiile sunt neglijabile pentru valori ale distanței a mai mari, în general, de $0,2L$.

Tabelul 14 - Valori k_L ($V_B = 3500$ m/s)

a/L	$\Phi_{\text{arm}} \text{ (mm)}$					
	6	10	16	20	25	32
0	0,69	0,68	0,66	0,64	0,63	0,61
0,05	0,76	0,75	0,73	0,72	0,70	0,69
0,10	0,83	0,82	0,80	0,79	0,78	0,77
0,15	0,91	0,90	0,88	0,87	0,86	0,85
0,20	0,98	0,97	0,95	0,94	0,93	0,93
0,25	1	1	1	1	1	1

Tabelul 15 - Valori k_L ($V_B = 4000$ m/s)

a/L	$\Phi_{\text{arm}} \text{ (mm)}$					
	6	10	16	20	25	32
0	0,80	0,77	0,75	0,73	0,71	0,69
0,05	0,86	0,84	0,82	0,80	0,78	0,76
0,10	0,92	0,91	0,89	0,87	0,85	0,83
0,15	0,98	0,97	0,96	0,95	0,93	0,91
0,20	1	1	1	1	0,99	0,98

Tabelul 16 - Valori k_L ($V_B = 4500$ m/s)

a/L	Φ_{arm} (mm)					
	6	10	16	20	25	32
0	0,89	0,87	0,84	0,82	0,80	0,78
0,05	0,93	0,92	0,90	0,88	0,86	0,84
0,10	0,98	0,97	0,96	0,94	0,92	0,90
0,15	1	1	1	0,99	0,98	0,97
0,20	1	1	1	1	1	1
0,25	1	1	1	1	1	1

La elemente armate pe două sau trei direcții, dacă încercările se fac pe una din direcțiile de armare, influența predominantă este de regulă cea a armăturii longitudinale față de direcția de propagare și aceasta trebuie calculată.

La plăcile armate pe două direcții, direcțiile de încercare în metoda de suprafață se recomandă să fie orientate la 45° față de cele două direcții de armare rectangulare. Distanța minimă de la punctul de intersecție al diagonalelor la primul punct de măsurare va fi de minimum 30 cm, iar distanța între celelalte puncte va fi aleasă de 10 cm. În acest caz, pentru betoane caracterizate prin viteze de propagare longitudinală superioare valorii de 3700 m/s, armătura nu influențează rezultatul măsurătorii.

7.2.4.4 Modalitatea de prelucrare a rezultatelor obținute utilizând această metodă simplă de încercare pentru evaluarea rezistenței betonului este prezentată la Capitolul 8.

Aplicarea metodei ultrasunetelor pentru evaluarea rezistenței la compresiune a betonului din construcțiile existente se va face numai în combinație cu alte metode indirecte nedistructive (metoda nedistructivă combinată) sau corelată cu metoda carotelor.

7.3 Metoda de duritate superficială

7.3.1 Considerații generale

7.3.1.1 Încercările realizate utilizând metoda de duritate superficială sunt încercări nedistructive și se efectuează în conformitate cu SM EN 12504-2.

7.3.1.2 Metoda se bazează pe măsurarea reculului pe care un corp mobil îl suferă, în urma impactului cu suprafața betonului din elementul de încercat. Indicele de recul este un indicator al durității superficiale a betonului și poate fi folosit pentru evaluarea omogenității betonului, delimitarea zonelor/suprafețelor de calitate slabă sau a deteriorărilor.

7.3.2 Domeniu de aplicare

7.3.2.1 Prezentul Cod stabilește regulile de efectuare a măsurătorilor cu aparatură specifică (sclerometru) și de interpretare a rezultatelor încercărilor efectuate prin metoda de duritate superficială pentru determinarea rezistenței betonului numai în combinații cu alte metode nedistructive sau distructive.

Informațiile obținute se referă, în principal, la calitatea betonului, în primii 2-3 cm de la suprafața acestuia.

7.3.2.2 Metoda este contraindicată pentru investigarea de:

- elemente la care calitatea betonului din stratul de suprafață este diferită de cea din straturile profunde (elemente supuse acțiunilor agresive chimice/fizice de suprafață, elemente multistrat etc.);
- elemente care conțin defecte interne/de suprafață în zonele respective;
- elemente la care vârsta betonului a depășit 6 luni, la care există o diferență sensibilă între duritatea stratului de suprafață carbonat și cea a straturilor profunde;
- betoanele confecționate cu dozaje de ciment sub 200 kg/m³;
- elemente subțiri, de mare flexibilitate ($b < 10$ cm), la care o parte din energia incidentă poate fi transferată elementului sub formă de energie de deformare la încovoiere;
- elemente masive ($b > 100$ cm) la care estimarea calității întregului element nu se poate face pe baza estimării calității unui strat superficial de 2 cm grosime;

- g) elemente la care nu este asigurat accesul decât pe fața de turnare și la care nu există posibilitatea înlăturării unui strat de cel puțin 10 mm pentru obținerea unei suprafețe fără rugozități pentru încercare;
- h) elemente care stau într-o atmosferă ce influențează asupra durității lor superficiale (de exemplu, bogată în CO_2);
- i) elemente realizate cu beton macroporos (cu structură a suprafeței deschisă).

7.3.2.3 Avantajele utilizării metodei de duritate superficială sunt: simplitatea încercării, costul redus al aparaturii, economia de energie, rapiditatea încercării.

7.3.3 Selectarea zonelor de încercare și numărul de încercări

7.3.3.1 Elementele și zonele de încercare ale acestora sunt stabilite de către proiectant/expert în funcție de situație.

7.3.3.2 Alegerea zonelor de încercare pe element se face respectând următoarele recomandări:

- a) evitarea feței de turnare și, dacă este posibil, și a feței opuse acesteia;
- b) evitarea zonelor cu defecte de suprafață (zone macroporoase, fisuri, rosturi);
- c) evitarea zonelor unde sunt poziționate armături, îndeosebi când acestea sunt apropiate de suprafața betonului ($d < 3 \text{ cm}$);
- d) evitarea zonelor adiacente muchiilor;
- e) evitarea suprafețelor pe care există incluziuni de corpuri străine (așchii de cofraj, pământ, praf etc).

7.3.3.3 O zonă de încercare are suprafață cuprinsă între 200 - 400 cm^2 (între $14 \times 14 \text{ cm}$ și $20 \times 20 \text{ cm}$). Se utilizează minimum nouă citiri pentru a se obține o estimare fiabilă a indicelui de recul pentru suprafața de încercat.

7.3.4 Aparatura și tehnica de încercare. Determinarea rezistenței la compresiune

7.3.4.1 Aparatura de încercare este reprezentată de sclerometre de diferite tipuri și dimensiuni în funcție de clasa de rezistență a betonului care se încearcă (Figura 9). Fiecare tip și dimensiune de sclerometru trebuie utilizate numai pentru betonul a cărui clasă de rezistență corespund utilizării pentru care a fost destinat acesta.

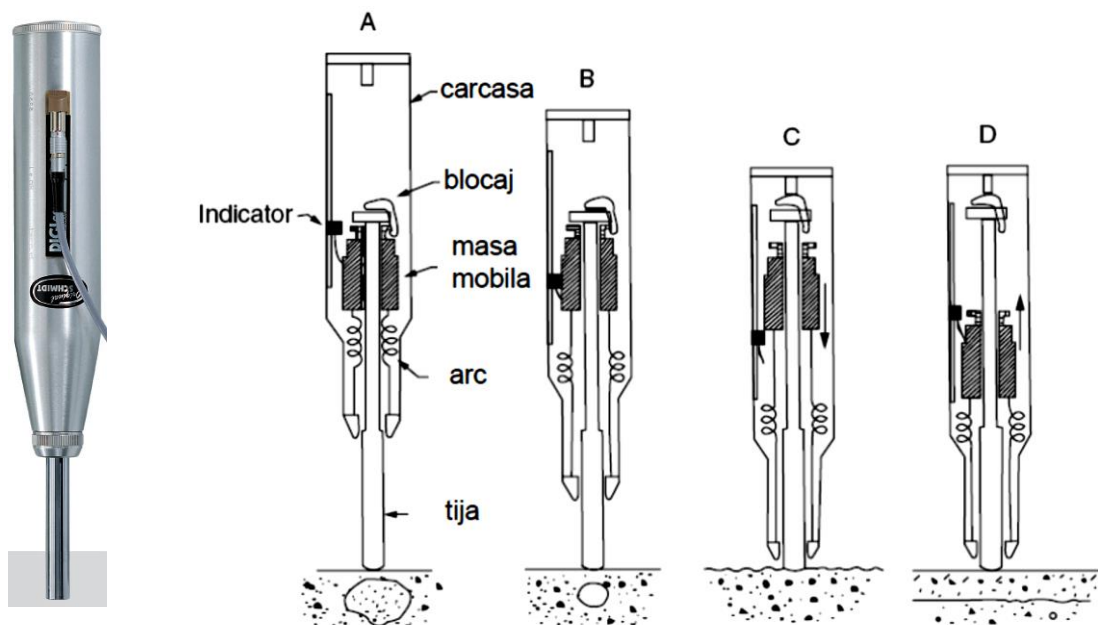


Figura 9 – Sclerometru cu recul pentru încercări de duritate superficială și fazele principale de funcționare a aparatului

Modul de funcționare a aparaturii este, în principiu, următorul: sub acțiunea unui sistem de resorturi, un corp mobil lovește, prin intermediul unei tije de percuție, suprafața betonului. În urma impactului corpul prezintă un recul antrenând un cursor ce indică mărimea reculului pe o scară gradată.

7.3.4.2 Înainte de se efectua încercări pe suprafața betonului, trebuie să se efectueze încercări de control și să se înregistreze citiri prin utilizarea unei nicovale de calibrare și să se asigure că rezultatele obținute sunt cuprinse în intervalul de valori recomandate de producător. În caz contrar, sclerometrul se curăță și/sau se ajustează.

Nicovala de oțel pentru calibrarea sclerometrului este caracterizată de următoarele: duritate de minimum 52 HRC; masă de (16 ± 1) kg; diametru de aproximativ 150 mm.

La fiecare minimum 2 000 lovituri, sau în conformitate cu indicațiile producătorului, se recomandă curățarea și întreținerea sclerometrului. O atenție deosebită trebuie acordată păstrării aceluiași coeficient de frecare pe suprafața cursor-tijă de glisare a cursorului.

7.3.4.3 Pregătirea unei zone pentru încercare constă din:

- îndepărtarea pojghiței de lapte de ciment separată la compactarea betonului;
- îndepărtarea rugozităților existente pe suprafața betonului în vederea asigurării gradului de netezire corespunzător;
- identificarea porilor aparenti/existenți sub pojghița de lapte de ciment pentru evitarea acestora;
- identificarea eventualelor agregate mari detectate pe suprafață pentru evitarea acestora.

7.3.4.4 Pregătirea suprafeței de încercat se face prin frecare cu piatră de duritate mare (carborundum). Grosimea stratului îndepărtat bine trebuie să fie de minimum 1 mm. După polizare, suprafața se curăță de praful rezultat prin suflare.

7.3.4.5 Numărul loviturilor aplicate într-o zonă va fi ales, astfel încât, să se obțină minimum 9 rezultate valabile.

7.3.4.6 Distanța minimă între punctele de încercare ale aceleiași zone este de 25 mm. Distanța minimă între punctele de încercare și muchia elementului este de 50 mm.

Pentru stabilirea punctelor de încercare se trasează o rețea de linii uniforme de la 25 mm la 50 mm la intersecțiile cărora se poziționează punctele de încercare. După efectuarea încercărilor, se examinează fiecare amprentă lăsată pe suprafață după contact și, dacă se observă că a spart/perforat suprafața aproape de un gol de aer, rezultatul nu se ia în considerare.

7.3.4.7 Elementele la care condițiile de întărire sunt diferite pe cele două fețe opuse se vor încerca pe ambele fețe.

7.3.4.8 Se recomandă ca zonele de încercare să fie alese pe suprafețele cofrate ale elementului.

7.3.4.9 Sclerometrul trebuie să se utilizeze conform instrucțiunilor de utilizare prescrise de producător (poziționare pe suprafață elementului încercat, armarea/declanșarea/citirea aparatului).

7.3.4.10 Sclerometrul trebuie să fie acționat de cel puțin trei ori înainte de a se proceda la citirea unei serii de rezultate.

7.3.4.11 Sclerometrul trebuie să se utilizeze la o temperatură cuprinsă între plus 10 °C și 35 °C.

7.3.4.12 Încercările pe alte suprafețe decât cele verticale au nevoie de corecții de unghi în conformitate cu specificațiile producătorului.

Pentru sclerometre de tip N pot fi utilizate datele prezentate în Tabelul 17 și Figura 10 pentru diferite configurații a) ... f) ale suprafețelor elementelor încercate.

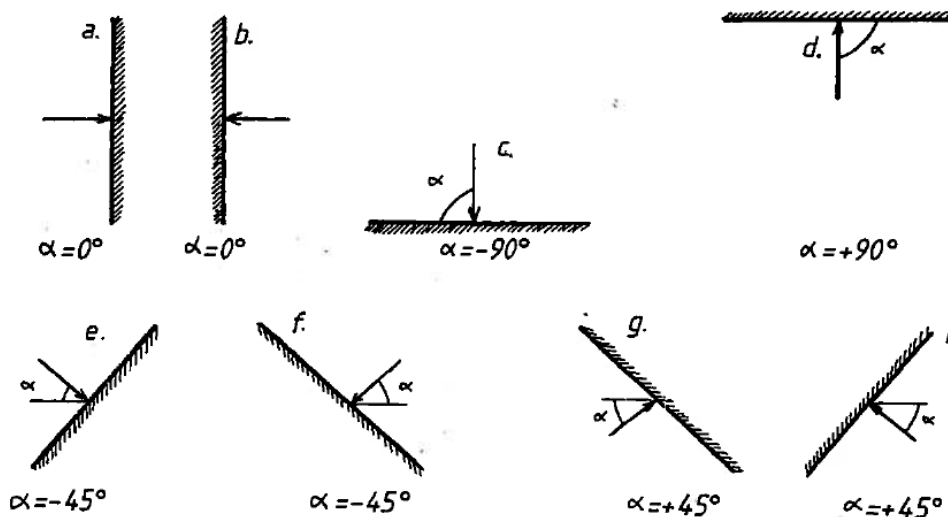
Tabelul 17 – Corecții de unghi

αN	De jos în sus		De sus în jos	
	+90°	+45°	-90°	-45°
10	-	-	2,7	3,5
20	-5,4	-3,5	2,5	3,4
30	-4,7	-3,1	2,3	3,1

(continuă)

Tabelul 17 (continuare)

dN	De jos în sus		De sus în jos	
	+90°	+45°	-90°	-45°
40	-3,9	-2,6	2,0	2,7
50	-3,1	-2,1	1,6	2,2
60	-2,3	-1,6	1,3	1,7

Figura 10 – Semnul unghiurilor α

7.3.4.13 După realizarea încercărilor, se efectuează citiri cu ajutorul nicovalei de calibrare, se înregistrează și se compară cu valorile citite înaintea încercării. Dacă rezultatele diferă, se curăță și/sau ajustează sclerometrul și se repetă încercările.

7.3.4.14 Rezultatul încercării trebuie să fie considerat ca medie a tuturor citirilor efectuate, eventual corectate pentru a lua în considerare orientarea sclerometrului conform instrucțiunilor prescrise de producător și se exprimă sub formă de număr întreg. Dacă mai mult de 20 % din totalul citirilor efectuate pe o suprafață de încercat diferă de valoarea medie cu mai mult de șase unități, întregul set de citiri nu va fi luat în considerare. În cazul în care se utilizează mai multe aparate, se recomandă să se realizeze un număr suficient de încercări pe suprafețe de beton similare, pentru a se determina variația rezultatelor obținute.

Măsurătorile efectuate într-o zonă constituie o mulțime căreia i se calculează intervalul conform relației:

$$\Delta N = N_{\max} - N_{\min} \quad (7.25)$$

Dacă acest interval satisface inegalitatea:

$$\Delta N \leq 5 \, di \, v \quad (7.26)$$

atunci toate încercările pot fi considerate valabile și pot fi introduse în calculul mediei pe zonă.

Dacă intervalul:

$$\Delta N > 5 \, di \, v \quad (7.27)$$

și mai puțin de 20 % din totalul citirilor efectuate pe o suprafață de încercat diferă de valoarea medie cu mai mult de șase unități este necesară o prelucrare selectivă.

Prima etapă a procesului constă în verificarea faptului că nicio încercare nu a fost efectuată în dreptul unui por. În acest scop, în cadrul unor încercări ordonate după mărimea lor în șirul N_1, N_2, N_3 , se calculează intervalul și se verifică inegalitatea:

$$N_3 - N_1 \leq 2 \quad (7.28)$$

care, dacă este îndeplinită, este practic sigur că valoarea minimă obținută reprezintă rezultatul unei încercări în dreptul unui por.

Dacă este satisfăcută inegalitatea:

$$N_3 - N_1 > 3 \quad (7.29)$$

este aproape cert că valoarea minimă N_1 este rezultatul unei încercări în dreptul unui por și trebuie eliminată.

Dacă condiția (7.28) este îndeplinită și $\Delta N > 5 \text{ div}$, este cert că valorile maxime trebuie eliminate până se ajunge la respectarea condiției (7.26). Numărul valorilor valabile rămase în calculul mediei trebuie să fie minimum 9.

Indicele de recul mediu pe zonă se calculează cu relația:

$$N = \frac{\sum_{i=1}^k N_i}{k} \quad (7.30)$$

Dacă încercările nu au fost aplicate pe suprafețe verticale trebuie aplicate corecțiile de unghi în conformitate cu 7.3.4.12. Valorile se rotunjesc la o diviziune.

7.3.4.15 Modalitatea de prelucrare a rezultatelor obținute utilizând această metodă de încercare pentru evaluarea rezistenței betonului este prezentată la Capitolul 8.

Întrucât estimarea rezistenței utilizând această metoda simplă nu este recomandată, aplicarea metodei de duritate superficială pentru evaluarea rezistenței la compresiune a betonului din construcțiile existente se va face numai în combinație cu alte metode indirecte nedistructive (metoda nedistructivă combinată) sau corelată cu metoda de încercare a carotelor.

7.4 Încercarea betonului prin metoda nedistructivă combinată

7.4.1 Considerații generale

Metoda se bazează pe legătura care există între combinația celor două mărimi fizice măsurate: viteza longitudinală a ultrasunetelor și indicele de recul pe de o parte, și rezistența betonului la compresiune, pe de altă parte. Această corelație ține seama de unele date ale compoziției betonului încercat.

7.4.2 Domeniu de aplicare

7.4.2.1 Metoda nedistructivă combinată se recomandă a fi utilizată în următoarele cazuri:

- a) determinarea rezistenței betonului în structuri și elemente de construcții pe șantiere sau în fabrici de prefabricate;
- b) urmărirea întăririi betonului în condiții normale, accelerate sau întârziate.

Metoda nedistructivă combinată prezintă o egală eficiență în determinarea rezistențelor betonului indiferent de clasa betonului examinat.

7.4.2.2 Metoda nedistructivă combinată nu se recomandă a fi aplicată în următoarele cazuri:

- a) în zonele cu defecte locale de turnare, ascunse sau aparente (segregări, rosturi, goluri);
- b) în zonele fisurate sau microfisurate;
- c) în zonele în care nu există o concordanță între calitatea betonului din stratul de suprafață și cel de adâncime (de exemplu, turnări în mai multe straturi de betoane cu calități diferite, betoane degradate superficiale etc.);
- d) în zonele cu aglomerări de armături, îndeosebi când acestea sunt paralele cu direcția de încercare cu ultrasunete sau foarte apropiate de aria pe care au loc încercările cu sclerometrul prin metoda de duritate superficială;
- e) la mai puțin de 6-8 cm de muchia elementului de construcție;
- f) la betoane de clasa sub C 2,8/3,5.

7.4.3 Selectarea zonelor de încercare și numărul de încercări

7.4.3.1 Alegerea elementelor și zonelor de încercat se face de către proiectant/expert în funcție de situație.

7.4.3.2 Pentru fiecare element încercat se aleg cel puțin 3 secțiuni diferite pentru examinare, în fiecare secțiune trebuie să existe cel puțin 3 perechi de puncte de încercare cu ultrasunete și o zonă de 20×20 cm cu cel puțin 9 puncte de încercare cu sclerometrul. Rezultatele obținute într-o secțiune sunt reprezentative pentru volumul de beton cuprins între 2 secțiuni paralele cu cea de încercare, situate la ± 10 cm de aceasta. Pentru determinarea rezistenței caracteristice a betonului sunt necesare un număr minim de 15 puncte de măsurare.

Dacă betonul pe lungimea/înălțimea elementului apare ca neomogen, numărul secțiunilor de încercare va fi mărit în mod corespunzător.

7.4.3.3 Alegerea perechilor de puncte în secțiune pentru încercările cu ultrasunete și prelucrarea suprafeței betonului în dreptul acestor puncte se vor face în conformitate cu prevederile din 7.2.3.

7.4.3.4 Alegerea zonei și a punctelor de încercare în secțiune pentru măsurătorile cu sclerometrul, precum și prelucrarea suprafeței betonului în aceste zone se vor face în conformitate cu prevederile din 7.3.3.

7.4.4 Aparatura și tehnica de încercare. Determinarea rezistenței la compresiune

7.4.4.1 Aparatura de încercare pentru metoda nedistructivă combinată este compusă din:

- a) aparatura pentru măsurarea vitezei de propagare a impulsurilor ultrasonice în beton prezentată la 7.2.4;
- b) aparatura pentru măsurarea durității superficiale a betonului cu ajutorul indicelui de recul.

Aparatura pentru măsurarea vitezei de propagare a impulsurilor ultrasonice în beton trebuie să fie în conformitate cu cea prezentată la 7.2.4.

Aparatura pentru determinarea durității superficiale a betonului este sclerometrul în conformitate cu prevederile din 7.3.4.

7.4.4.2 Măsurarea timpului de propagare T se va face în conformitate cu prevederile din 7.2.4.2.

Determinarea vitezei de propagare longitudinală a impulsului V_L se face cu relația:

$$V_L = L/T \quad (7.31)$$

în care:

L - este distanța între emițător și receptor măsurată cu o precizie de 1 %.

Dacă L este introdus în cm, iar T în microsecunde, pentru ca rezultatul să fie exprimat în m/s, trebuie multiplicat cu 10^4 .

Măsurarea indicelui de recul inclusiv aplicarea corecțiilor de unghi se face în conformitate cu prevederile 7.3.

7.4.4.3 Atât încercările cu ultrasunete, cât și cele cu sclerometrul vor evita să folosească ca suprafață de încercare suprafața de turnare a betonului.

7.4.4.4 Rezultatul unei singure măsurători cu sclerometrul sau cu ultrasunete, nu poate constitui un element de calcul direct în metoda combinată.

Pentru măsurătorile cu ultrasunete, valoarea de calcul o constituie de regulă media a cel puțin 3 măsurători apropiate, situate în aceeași secțiune, și o singură măsurătoare din secțiune în cazul evaluării rezistenței caracteristice a betonului dintr-un singur element, numărul minim de puncte fiind de 15.

Pentru măsurătorile cu sclerometrul, valoarea de calcul o constituie media a cel puțin 9 măsurători reprezentative pentru aceeași zonă, care întrunesc criteriile impuse de 7.3.

7.4.4.5 Atât măsurătorile de viteză de propagare a ultrasunetelor în beton, cât și cele de indice de recul pe beton, se corectează în raport cu rezultatele încercărilor de etalonare pe bare, nicovale sau alte dispozitive etalon.

7.4.4.6 Efectuarea de încercări în afara intervalelor de temperatură indicate în 7.2 și 7.3, impune corecții de temperatură pentru măsurătorile nedistructive, în conformitate cu prevederile prezentului Cod.

7.4.4.7 La aplicarea metodei nedistructive combinate vor fi respectate toate cerințele referitoare la metodele simple, respectiv cele privind metoda ultrasunetelor și metoda durtății superficiale prezentate la 7.2 și 7.3.

7.4.4.8 Modalitatea de prelucrare a rezultatelor obținute utilizând metoda de încercare nedistructivă combinată pentru evaluarea rezistenței betonului este prezentată la Capitolul 8.

7.5 Încercarea betonului prin metoda smulgerii în adâncime

7.5.1 Considerații generale

7.5.1.1 Încercările realizate utilizând metoda smulgerii în adâncime sunt încercări semi-distructive și se efectuează în conformitate cu SM EN 12504-3.

7.5.1.2 Metoda se bazează pe determinarea forței de smulgere a unui disc metalic centrat pe o tijă (Figura 11), ambele fiind înglobate în beton (prin turnare sau ulterior).

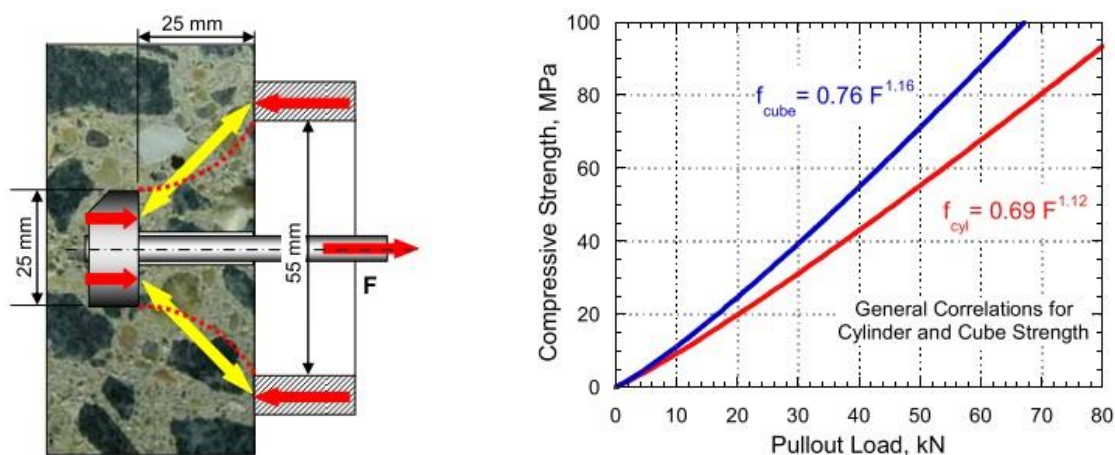


Figura 11 – Determinarea forței de smulgere a unui disc metalic centrat pe o tijă

7.5.2 Domeniu de aplicare

Prezentul Cod stabilește regulile de efectuare a măsurătorilor cu aparatură specifică pentru smulgerea în adâncime și metodologia de interpretare a rezultatelor pentru estimarea rezistenței la compresiune a betonului pe baza determinării forței de smulgere.

7.5.3 Aparatura și tehnica de încercare. Determinarea rezistenței la compresiune

7.5.3.1 Aparatura de încercare constă dintr-un disc de diametru $d_1 = 25 \pm 0,1$ mm fixat pe o tijă având diametrul cel mult 0,6 din diametrul discului și lungimea măsurată de la suprafața betonului până la cea mai apropiată suprafață a discului, egală cu diametrul discului (Figura 11). Smulgerea se realizează prin intermediul unui inel de smulgere fixat la suprafața betonului, centrat cu discul, având diametrul $d_2 = 55 \pm 0,1$ mm.

Rezistența la compresiune a betonului se determină pe baza forței de smulgere calculate cu relația:

$$f_p = \frac{F}{A} \quad (7.32)$$

în care:

f_p - efortul unitar de smulgere în MPa;

F - forța de smulgere în N;

A - suprafața de rupere, în mm² care se calculează cu relația:

$$A = 1/4\pi(d_2 + d_1) \times [4h^2 + (d_2 - d_1)^2]^{1/2} \quad (7.33)$$

în care:

d_1 - diametrul discului în mm (25 mm);

d_2 - diametrul inelului în mm;

h - lungimea măsurată de la suprafața betonului până la cea mai apropiată suprafață a discului egală cu diametrul discului în mm.

7.5.3.2 Metoda smulgerii în adâncime nu poate fi utilizată ca metodă simplă de încercare pentru estimarea rezistenței betonului ci numai ca metodă indirectă asociată cu metoda de încercare a carotelor.

Modalitatea de prelucrare a rezultatelor obținute utilizând această metodă de încercare pentru evaluarea rezistenței betonului este prezentată la Capitolul 8.

8 Metode de evaluare a rezistenței betonului

Evaluarea rezistenței la compresiune a betonului din construcțiile existente se poate face, în principal, prin aplicarea a trei metode în conformitate cu schema prezentată în Figura 12:

- a) încercarea carotelor (8.1), în conformitate cu SM SR EN 13791;
- b) metode indirecte corelate cu încercarea carotelor (8.2), în conformitate cu SM SR EN 13791;
- c) metode nedistructive combinate (8.4).

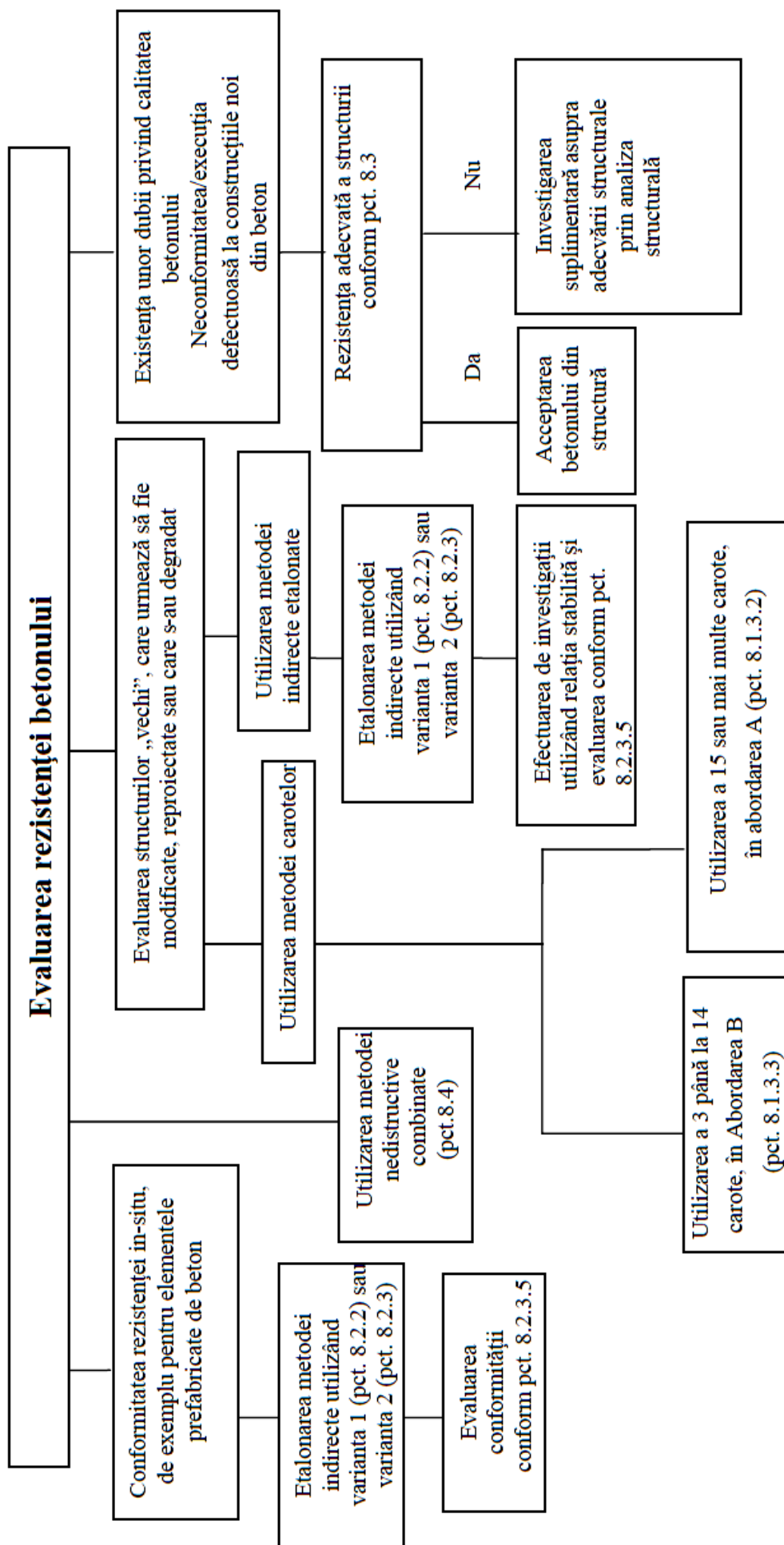


Figura 12 - Schemă cu metode de evaluare a rezistenței la compresiune a betonului din construcțiile existente (SM SR EN 13791).

8.1 Evaluarea rezistenței caracteristice la compresiune „in-situ” prin încercarea carotelor

8.1.1 Epruvete

Carotele trebuie extrase, examinate și pregătite în conformitate cu SM SR EN 12504-1 și încercate în conformitate cu SM SR EN 12390-3. Carotele trebuie păstrate în condiții de laborator timp de cel puțin 3 zile înainte de încercare, exceptând cazurile când acest lucru nu este posibil. Dacă, din motive practice, cele 3 zile de păstrare nu sunt realizabile, se înregistrează perioada de păstrare și se evaluează. Influența acestei abateri de la procedura standardizată trebuie evaluată.

Factorii care influențează rezistența carotei sunt prezentați la 7.1.

8.1.2 Număr de carote de încercat

8.1.2.1 Numărul de carote care urmează să fie extrase dintr-o zonă de încercare trebuie determinat în funcție de volumul de beton considerat și de scopul încercării carotelor în conformitate cu 7.1.3.4. Fiecare poziție de încercare cuprinde o carotă.

8.1.2.2 Pentru evaluarea rezistenței la compresiune „in-situ”, din motive statistice și de siguranță, se recomandă să fie utilizate, pe cât posibil, cât mai multe carote.

8.1.2.3 O evaluare a rezistenței la compresiune „in-situ” pentru o anumită zonă de încercare trebuie să se bazeze pe rezultatele obținute de la cel puțin 3 carote.

8.1.2.4 În scopul evaluării rezistenței betonului utilizând metoda carotelor, trebuie luate în considerare toate implicațiile structurale ce rezultă din extragerea acestora, în conformitate cu SM SR EN 12504-1.

8.1.1 Abordări de evaluare a rezistenței la compresiune „in situ”

8.1.3.1 Generalități

Rezistența caracteristică la compresiune „in-situ” se evaluează utilizând fie abordarea A prezentată la 8.1.3.2, fie abordarea B prezentată la 8.1.3.3.

Abordarea A se aplică atunci când sunt disponibile cel puțin 15 carote. Abordarea B se aplică atunci când sunt disponibile de la 3 până la 14 carote. Aplicabilitatea celor două abordări la evaluarea rezistenței betonului din structurile existente, despre care nu există cunoștințe prealabile, trebuie precizată la locul de utilizare.

8.1.3.2 Abordarea A

Rezistența caracteristică „in-situ” estimată a zonei de încercare este cea mai mică dintre valorile:

$$f_{ck, is} = f_{m(n), is} - k_2 \times S \quad (8.1)$$

sau

$$f_{ck, is} = f_{is, min} + 4 \quad (8.2)$$

în care:

s - abaterea standard a rezultatelor încercării sau 2,0 N/mm², indiferent care valoare este mai mare;
k₂ - se va considera o valoare de 1,48.

Clasa de rezistență se obține din Tabelul 2, în funcție de rezistența caracteristică „in-situ” estimată.

NOTA 1 - Estimarea rezistenței caracteristice utilizând cel mai mic rezultat al încercării pe carote are în vedere faptul că cel mai mic rezultat al încercării pe carote reprezintă cea mai mică rezistență din structură/element component considerat.

NOTA 2 - Atunci când distribuția rezistenței carotei provine de la două populații de rezultate, zona de încercare poate fi divizată în două zone de încercare.

8.1.3.3 Abordarea B

Rezistența caracteristică „in-situ” estimată a zonei de încercare este cea mai mică dintre valorile:

$$f_{ck, is} = f_{m(n), is} - k \quad (8.3)$$

sau

$$f_{ck, is} = f_{is, min} + 4 \quad b \quad (8.4)$$

Valoarea limitei k depinde de numărul n de rezultate ale încercării și este dată în Tabelul 18.

Tabelul 18 - Limita k asociată unui număr mic de rezultate ale încercării

Număr de rezultate n	Coeficient k
10 până la 14	5
7 până la 9	6
3 până la 6	7

NOTĂ - Datorită incertitudinii asociate unui număr mic de rezultate ale încercării, pe de o parte, dar și a necesității de a furniza același nivel de încredere, pe de altă parte, abordarea B oferă estimări ale rezistențelor caracteristice, care sunt, în general, mai mici decât cele obținute în cazul în care există multe rezultate de încercare. Atunci când aceste estimări ale rezistenței caracteristice „in-situ” sunt considerate ca fiind prea larg estimate, se recomandă extragerea mai multor carote sau folosirea unei tehnici combinate (a se vedea 8.4) pentru a obține mai multe rezultate de încercare. Din acest motiv, această abordare nu trebuie utilizată în cazurile în care există dubii privind calitatea betonului, bazate pe datele obținute din încercările standardizate (a se vedea 8.3 pentru detaliile unei abordări adecvate).

8.2 Evaluarea rezistenței caracteristice la compresiune „in-situ” prin metode indirecte

8.2.1 Generalități

8.2.1.1 Metode de evaluare

Încercările indirecte furnizează alternative la încercările directe (încercări pe carote) utilizate pentru evaluarea rezistenței la compresiune „in-situ” a betonului dintr-o structură sau pot suplimenta datele obținute în cazul în care se dispune de un număr limitat de carote încercate.

Metodele indirecte sunt metode de natură nedistructivă sau semi-distructivă și pot fi folosite după etalonarea cu încercările pe carote, în următoarele moduri:

- a) separat;
- b) combinație de metode indirecte;
- c) combinație de metode indirecte și metode directe (încercări pe carote).

Întrucât la încercarea cu o metodă indirectă se măsoară o altă proprietate a betonului decât rezistența, pentru determinarea rezistenței la compresiune a betonului este necesară utilizarea unei relații între rezultatele încercărilor indirecte și rezistența la compresiune a carotelor.

Metodele alternative pentru evaluarea rezistenței la compresiune „in-situ” sunt metodele indirecte prezentate la 8.2.1.2 și 8.2.1.3 (variantele 1 și 2).

8.2.1.2 Varianta 1 - Corelație directă cu rezultatele încercărilor pe carote

La 8.2.2 sunt prezentate procedurile aplicabile, în general, pentru evaluarea rezistenței la compresiune „in-situ”, atunci când se stabilește pentru betonul examinat o relație specifică între rezistența la compresiune „in-situ” și rezultatul încercării prin metoda indirectă.

Varianta 1 necesită cel puțin 18 rezultate ale încercării pe carote pentru a stabili relația între rezistența la compresiune „in-situ” și rezultatul încercării prin metoda indirectă.

8.2.1.3 Varianta 2 - Etalonare pe baza rezultatelor încercărilor cu carotele pentru un interval limitat al rezistenței, utilizând o relație stabilită

La 8.2.3 sunt prezentate procedurile de evaluare a rezistenței „in-situ” în cadrul unui interval limitat de rezistențe, pe baza unei relații stabilite, adică o curbă de bază, împreună cu o deplasare a curbei de bază, stabilite prin intermediul încercărilor pe carote. Procedurile sunt descrise pentru încercările cu sclerometrul, încercările privind viteza de propagare a ultrasunetelor și încercările de smulgere.

8.2.2 Încercări indirecte corelate cu rezistența la compresiune „in-situ” (varianta 1)

8.2.2.1 Domeniu de aplicare

Prevederile 8.2.2 sunt aplicabile metodelor indirecte de încercare pentru evaluarea rezistenței la compresiune „in-situ”, atunci când pentru betonul „in-situ” este stabilită o relație prin intermediul încercărilor pe carote.

8.2.2.2 Procedura de încercare

Aparatura, procedura de încercare și exprimarea rezultatelor încercării trebuie să fie în conformitate cu SM SR EN 12504-1 pentru încercările pe carote și cu SM EN 12504-2, SM EN 12504-3 și SM SR EN 12504-4 atunci când se măsoară indicele de recul, forța de smulgere și viteza de propagare a undelor ultrasonice.

8.2.2.3 Stabilirea relației între rezultatul încercării și rezistența la compresiune „in-situ”

Pentru a stabili o relație specifică între rezistența la compresiune „in-situ” și rezultatul încercării prin metoda indirectă trebuie realizat un program complet de încercare.

Relația trebuie să se bazeze pe cel puțin 18 perechi de rezultate, 18 rezultate de la încercările pe carote și 18 rezultate de la încercările indirecte, care acoperă domeniul de interes.

NOTA 1 - O pereche de rezultate de încercare este formată dintr-un rezultat al încercării pe carotă și un rezultat al încercării indirecte din aceeași poziție de încercare.

NOTA 2 - Numărul de perechi de rezultate reprezintă un minimum, dar în multe cazuri este avantajos să se dispună de un număr considerabil mai mare de examinări în setul de date pentru a stabili o relație.

Stabilirea relației specifice include următoarele etape:

a) determinarea celei mai potrivite linii sau curbe prin analiza de regresie aplicată perechilor de date care se obțin în programul de încercare. Rezultatul încercării indirecte este considerat ca o variabilă, iar rezistența la compresiune „in-situ” estimată ca o funcție a acelei variabile;

NOTA 3 - Datele utilizate pentru obținerea celei mai potrivite curbe sau linii ar trebui repartizate la distanțe egale, între limitele acoperite de date.

b) calcularea erorii standard a evaluării și determinarea limitelor de încredere pentru cea mai potrivită linie sau curbă, precum și limitele de toleranță pentru observațiile individuale;

c) determinarea relației ca fiind cuantilă de 10 % din valorile inferioare ale rezistenței.

NOTA 4 - Relația care se utilizează pentru estimarea rezistenței oferă un nivel de siguranță în care 90 % din valorile rezistenței se așteaptă să fie mai mari decât valoarea estimată.

8.2.2.4 Evaluarea rezistenței la compresiune „in-situ”

Rezultatul încercării rezistenței la compresiune „in-situ”, f_{is} , se estimează plecând de la relația specifică stabilită.

Relația trebuie utilizată doar pentru estimarea rezistenței „in-situ” pentru betonul și condițiile specifice pentru care a fost stabilită aceasta. Relația specifică trebuie folosită numai în limitele intervalului acoperit de rezultatele de încercare.

Pentru evaluarea rezistenței caracteristice la compresiune „in-situ” se aplică următoarele condiții:

- a) evaluarea pentru fiecare zonă de încercare trebuie să se bazeze pe cel puțin 15 poziții de încercare;
- b) abaterea standard trebuie să fie valoarea calculată plecând de la rezultatele încercării sau să fie egală cu 3,0 N/mm², indiferent care din acestea are valoarea mai mare.

Rezistența caracteristică la compresiune „in-situ” a zonei de încercare este cea mai mică dintre valorile:

$$f_{ck,is} = f_{m(n),is} - 1,48 \times s \quad (8.5)$$

sau

$$f_{ck,is} = f_{is,min} + 4 \quad (8.6)$$

s - abaterea standard a rezultatelor încercării.

8.2.3 Utilizarea unei relații determinate plecând de la un număr limitat de carote și o curbă de bază (varianta 2)

8.2.3.1 Generalități

Încercările cu sclerometrul, încercările privind viteza de propagare a undelor ultrasonice și încercările de smulgere pot fi utilizate pentru evaluarea rezistenței la compresiune „in-situ” utilizând o curbă de bază și efectuând deplasarea acestora la un nivel adecvat, determinat pe baza încercărilor pe carotă. Această tehnică poate fi utilizată pentru a evalua o populație care cuprinde betoane normale, preparate cu același tip de materiale și în cadrul aceluiași proces de producție.

Pentru acesta se selectează o zonă de încercare dintr-o astfel de populație și cel puțin 9 perechi de rezultate ale încercării (rezultate de la încercarea pe carote și rezultate de la încercarea indirectă din aceeași poziție de încercare). Rezultatele se folosesc pentru a obține valoarea deplasării Δf cu care trebuie deplasată curba de bază pentru a stabili relația specifică dintre măsurătorile indirecte și rezistența la compresiune „in-situ”.

Pentru evaluarea rezistenței la compresiune „in-situ” se efectuează, apoi, încercări indirecte pe betonul specific. Relația stabilită se utilizează pentru a estima rezistența la compresiune „in-situ” și pentru a calcula, apoi, rezistența caracteristică la compresiune „in-situ”.

8.2.3.2 Procedură de încercare

Aparatura, procedura de încercare și exprimarea rezultatelor de încercare trebuie să fie în conformitate cu SM SR EN 12504-1, SM EN 12504-2, SM EN 12504-3 și SM SR EN SR 12504-4, după caz.

8.2.3.3 Metodă de evaluare

Pentru determinarea relației între metoda indirectă și rezistența la compresiune „in-situ” trebuie să se utilizeze următoarea procedură:

- a) se selectează o zonă de încercare care să conțină cel puțin 9 poziții de încercare;
- b) pentru fiecare poziție de încercare se obține câte un rezultat pentru încercarea cu sclerometrul (metoda de duritate superficială) în conformitate cu SM EN 12504-2, încercarea la forța de smulgere (metoda smulgerii în adâncime) în conformitate cu SM EN 12504-3 sau încercarea prin metoda a ultrasunetelor în conformitate cu SM SR EN 12504-4, după caz;
- c) pentru fiecare poziție de încercare se extrage și se încearcă o carotă în conformitate cu SM SR EN 12504-1;
- d) respectând principiile de stabilire a relației specifice redate în Figura 13, se reprezintă grafic rezistența carotei „in-situ” (axa y) în funcție de rezultatele obținute de la încercarea indirectă, pe copiiile figurilor 14 până la 16, după caz;
- e) la fiecare poziție de încercare se determină diferența de rezistență „in-situ” între valoarea măsurată pe carotă și valoarea indicată de curba de bază, $\delta f = f_{is} - f_R$, v sau F ;
- f) se calculează media $\delta f_{m(n)}$ pentru cele n rezultate și abaterea standard a eșantionului, s ;
- g) se calculează valoarea cu care trebuie deplasată curba de bază, Δf , astfel:

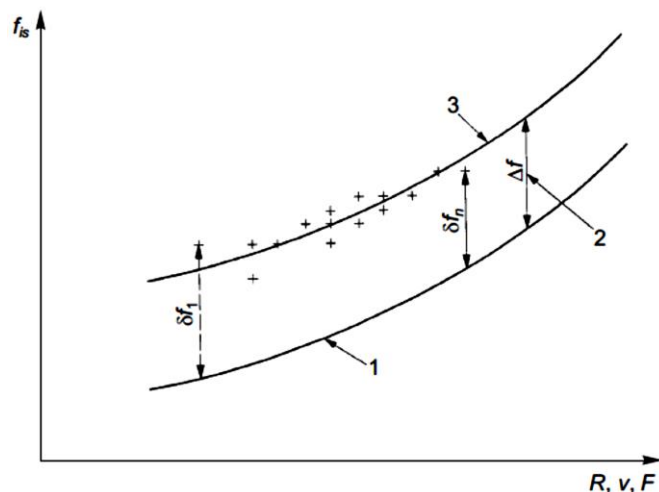
$$\Delta f = \delta f_{m(n)} - k_1 \times s$$

în care

k_1 - se obține din Tabelul 19.

NOTA 1 - Curba de bază a fost fixată în mod voluntar într-o poziție joasă pe axa y , astfel încât deplasarea să fie întotdeauna pozitivă.

h) se deplasează curba de bază cu Δf pentru a obține relația între metoda indirectă de încercare și rezistența la compresiune „in-situ” pentru betonul specific investigat.



Legendă:

1 - curba de bază;

$\Delta f_1 \dots \Delta f_n$ - diferența între rezistența fiecărei carote și valoarea rezistenței conform relației de bază;

2 - deplasarea Δf a curbei de bază;

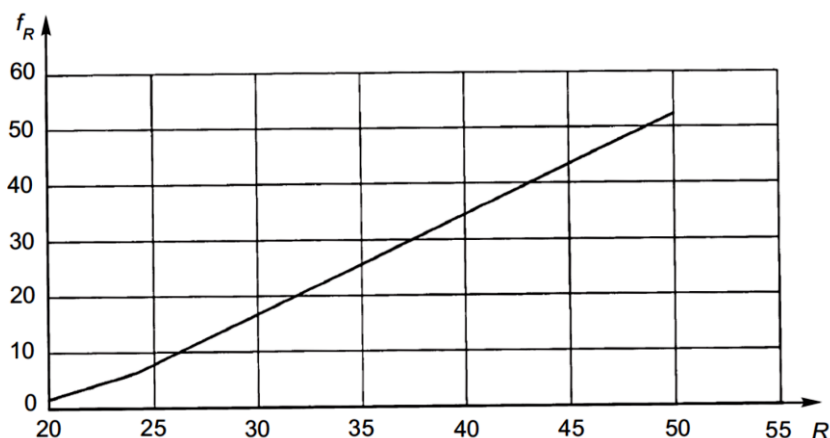
3 - relația între metoda de încercare indirectă și rezistența la compresiune „in-situ” pentru betonul specific investigat;

R - indicele de recul în conformitate cu SM EN 12504-2;

F - forța de smulgere în conformitate cu SM EN 12504-3;

v - viteza de propagare a ultrasunetelor în conformitate cu SM SR EN 12504-4.

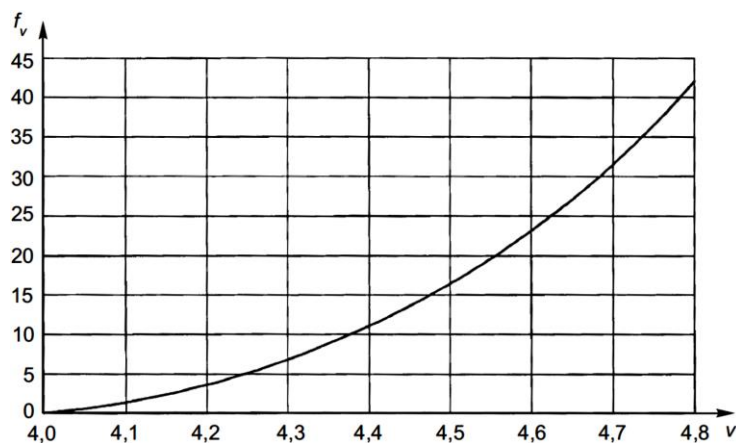
Figura 13 - Principiu pentru obținerea relației între rezistența la compresiune „in-situ” și rezultatele încercării indirecte (SM SR EN 13791)



Legendă:

R - Indicele de recul se determină în conformitate cu SM EN 12504-2.

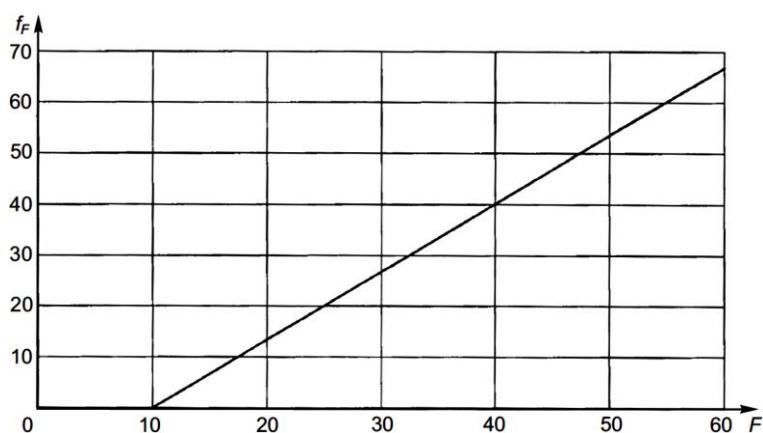
Figura 14 - Curba de bază pentru încercarea prin metoda de duritate superficială (SM SR EN 13791)



Legendă:

v - Viteza de propagare a ultrasunetelor în km/s în conformitate cu SM SR EN12504-4.

Figura 15 - Curba de bază pentru încercarea prin metoda ultrasunetelor (SM SR EN 13791)



Legendă:

F - Forța de smulgeră în N în conformitate cu SM EN12504-3

Figura 16 - Curba de bază pentru încercarea prin metoda smulgerii în adâncime (SM SR EN 13791)

NOTA 2 - Curbele de bază din figurile 14, 15 și 16 (copiile lor mărite) pot fi folosite pentru calcule grafice.

Pentru calculele numerice, funcțiile matematice ale curbelor sunt următoarele:

a) Figura 14 - Indicele de recul (rezultatul încercării cu sclerometrul) măsurat prin metoda de duritate superficială:

$$f_R = 1,25 \times R - 23 \quad 20 \leq R \leq 24$$

$$f_R = 1,73 \times R - 34,5 \quad 24 \leq R \leq 50$$

b) Figura 15 - Viteza de propagare a ultrasunetelor măsurată prin metoda ultrasunetelor:

$$f_v = 62,5 \times v^2 - 497,5 \times v + 990 \quad 4 \leq v \leq 4,8$$

c) Figura 16 - Forța de smulgeră măsurată prin metoda smulgerii în adâncime:

$$f_F = 1,33 \times (F - 10) \quad 10 \leq F \leq 60$$

Tabelul 19 - Coeficientul k_1 în funcție de numărul de încercări cuplate

Numărul de rezultate ale încercărilor cuplate, n	Coeficient k_1
9	1,67
10	1,62
11	1,58
12	1,55
13	1,52
14	1,50
≥ 15	1,48

8.2.3.4 Valabilitatea relațiilor

Relația stabilită prin procedura precizată la 8.2.3.3 poate fi utilizată în cadrul următoarelor intervale:

- a) ± 2 indice de recul în afara intervalului utilizat pentru a obține deplasarea;
- b) $\pm 0,05$ km/s în afara intervalului rezultatelor de la încercarea vitezei de propagare a undelor ultrasonice, utilizat pentru a obține deplasarea;
- c) $\pm 2,5$ kN în afara intervalului forței de smulgere, utilizat pentru a obține deplasarea.

8.2.3.5 Estimarea rezistenței la compresiune „in-situ”

Rezultatul încercării rezistenței la compresiune „in-situ”, f_{is} , se estimează din relația stabilită folosind procedura prezentată la 8.2.3.3. Relația trebuie utilizată numai pentru estimarea rezistenței la compresiune „in-situ” pentru betonul și condițiile specifice pentru care a fost stabilită aceasta. Relația trebuie utilizată numai în cadrul intervalului pentru care este valabilă (a se vedea 8.2.3.4).

Pentru evaluarea rezistenței caracteristice la compresiune „in-situ”, se aplică condițiile și procedura precizate la 8.2.2.4.

Evaluarea bazată pe încercarea carotelor cu lungime și diametru egal și pe utilizarea curbelor de bază prezentate în figurile 14, 15 și 16 generează o rezistență la compresiune „in-situ” echivalentă cu rezistența cubului.

După calcularea rezistenței caracteristice, clasa de rezistență la compresiune echivalentă, conform CP H.04.04 poate fi evaluată folosind Tabelul 2. Atunci când evaluarea se bazează pe încercarea carotelor cu un raport de 2:1 între lungime și diametru, având un diametru de cel puțin 50 mm, se folosește de asemenea Tabelul 2 pentru a obține clasa de rezistență corespunzătoare.

Rezultatul real pe carotă poate fi convertit într-o rezistență echivalentă a unui cub sau a unui cilindru „in-situ”, utilizând prevederile 7.1.

8.3 Evaluarea în cazurile în care conformitatea betonului bazată pe încercările standard prezintă dubii

Pentru domeniul de încercări, care conțin beton din loturi diferite, pentru care au fost obținute cel puțin 15 rezultate de încercare ale carotelor forate, se poate stabili prezența betoanelor de diferite rezistențe și conformitatea cu SM EN 206 și CP H.04.04, dacă sunt îndeplinite următoarele condiții:

$$f_{m(n),is} \geq 0,85 (f_{ck} + 1,48 \times s) \quad (8.7)$$

$$f_{is,min} \geq 0,85 (f_{ck} - 4) \quad (8.8)$$

pot fi considerate ca zone cu beton de rezistență adecvată, realizat în conformitate cu CP H.04.04.

NOTĂ - Neconformitatea unei carote individuale poate indica o problemă locală, mai degrabă decât una globală.

Ca alternativă, în cazul în care există 15 sau mai multe date obținute de la încercări indirecte și cel puțin două carote luate din poziții care indică valorile mai mici ale rezistenței, dacă

$$f_{is,min} \geq 0,85 (f_{ck} - 4) \quad (8.9)$$

se poate considera că zona conține beton cu rezistență adecvată.

Într-o zonă mică, care conține una sau câteva șarje de beton, se pot alege două poziții relevante pentru luarea carotelor și, în condițiile în care

$$f_{is,min} \geq 0,85 (f_{ck} - 4) \quad (8.10)$$

se poate considera că zona conține beton cu rezistență adecvată.

În acest caz, dacă se consideră că zona de încercare conține beton cu rezistență adecvată, se va considera că betonul provine dintr-o populație conformă.

NOTĂ - Atunci când rezistența este mai mică de 0,85 ($f_{ck} - 4$), ipotezele de calcul nu sunt valabile și structura trebuie evaluată în ceea ce privește conformitatea structurală. O valoare mică a rezistenței „in-situ” poate fi cauzată de un număr de factori, inclusiv neconformitatea betonului cu specificațiile tehnice, compactarea insuficientă sau adaosul necontrolat de apă pe șantier. În vederea identificării factorilor care conduc la obținerea de valori mici, trebuie luate în considerare, următoarele: porozitatea betonului; armătura din carote; maturitatea carotei la momentul încercării.

8.4 Evaluarea rezistenței betonului prin metoda nedistructivă combinată

8.4.1 Determinarea rezistenței betonului prin metoda nedistructivă combinată (SONREB*) este de o acuratețe ridicată, îndeosebi când variațiile de rezistență sunt provocate de o compactare inegală sau insuficientă a betonului, de nerespectarea raportului A/C prin variația apei de amestecare, de o maturizare în condiții necorespunzătoare, sau de variații ale umidității betonului.

Metoda nedistructivă combinată este de asemenea suficient de eficientă în cazurile când calitatea cimentului sau a agregatelor, inclusiv granulozitatea lor, au fost necorespunzătoare.

Metoda este mai puțin eficientă în cazul unor variații mari, necontrolate, ale calității cimentului fiind totuși, și în acest caz, superioară metodelor nedistructive simple.

* Metoda SONREB este o procedură nedistructivă utilizată pentru determinarea rezistenței la compresiune a elementelor existente din beton. Această procedură constă în aplicarea rezultatelor furnizate de metoda bazată pe recul (RH) și cea a impulsului ultrasonic (UPV), în modele analitice specifice.

8.4.2 Determinarea rezistenței betonului la compresiune prin metoda nedistructivă combinată necesită cunoașterea următoarelor date în legătură cu prepararea betonului:

- a) tipul și dozajul de ciment (kg/m^3);
- b) natura și granulozitatea agregatului folosit.

8.4.3 Tipul de ciment este luat în considerare la determinarea rezistenței betonului cu ajutorul coeficientului de influență al cimentului C_c ale cărui valori sunt date în Tabelul 20.

Tabelul 20 - Valorile coeficientului C_c

Tip ciment	Coeficientul C_c
Ciment fără adaos de tip CEM152.5	1,09
Ciment fără adaos de tip CEM 142.5	1,04
Ciment cu mai puțin de 20 % adaosuri (de exemplu, tip CEM II A)	1,00
Ciment cu adaosuri între 21% și 35% (de exemplu, tip CEM II B, IVA, VA)	0,96
Ciment cu mai mult de 36% adaosuri (de exemplu, tip CEM IHA, IVB, VB)	0,90

8.4.4 Dozajul de ciment folosit la preparare este luat în considerare, la determinarea rezistenței betonului, cu ajutorul coeficientului de influență al dozajului C_d . Valorile acestui coeficient sunt date în Tabelul 21.

Tabelul 21 - Valorile coeficientului C_d

Dozaj ciment (kg/m ³)	Coeficientul C_d
200	0,88
300	1,00
400	1,13
500	1,25
600	1,31
NOTA - Pentru dozaje intermediare se interpolează liniar.	

8.4.5 Natura agregatului folosit la prepararea betonului este luată în considerare la determinarea rezistenței betonului cu ajutorul coeficientului de influență al naturii agregatului C_a .

Pentru betoanele cu următoarele agregate se recomandă valorile:

- a) agregat de râu de tip silico-calcar $C_a = 1,00$;
- b) agregat ușor de granulat simplu sau amestecat cu agregat de râu $C_a = 1,00$;
- c) agregat greu de baritină sau amestecat cu agregat de râu $C_a = 1,00 + 0,9p$.

în care:

p - procentul în volume din volumul total al agregatului, ocupat de agregatul greu.

Pentru betoanele realizate cu alte agregate coeficientul C_a se va determina experimental.

8.4.6 Granulozitatea agregatului este luată în considerare cu ajutorul a doi parametri:

- a) dimensiunea maximă a agregatului căreia îi corespunde coeficientul de influență al dimensiunii maxime C_ϕ ale cărui valori sunt date în Tabelul 22:

Tabelul 22 - Valorile coeficientului C_ϕ

Dimensiunea maximă a agregatului ϕ (mm)	Coeficientul C_ϕ
63	0,96
31,5	1,00
16	1,03
8	1,09

- b) fracțiunea fină a agregatului (0-1 mm) căreia îi corespunde coeficientul de influență al fracțiunii fine C_g ale cărui valori sunt date în Tabelul 23.

Tabelul 23 - Valorile coeficientului C_g

Procentul fracțiunii 0-1 mm	Coeficientul C_g
6	0,97
12	1,00
18	1,03
24	1,06
30	1,09
36	1,11
42	1,13
48	1,15

8.4.7 Luarea în considerare a tuturor parametrilor de compoziție a betonului, care pot influența corelația dintre mărimile nedistructive măsurate și rezistența betonului, se face cu ajutorul coeficientului de influență total C_t dat de relația:

$$C_t = C_c \times C_d \times C_a \times C_\phi \times C_g \quad (8.11)$$

pentru care presupune valabilitatea principiului suprapunerii efectelor sau al independenței acțiunii celor cinci parametri.

8.4.8 Pe baza rezultatelor încercărilor nedistructive efectuate se calculează rezistența $f_{c,ref}$ corespunzătoare unui beton a cărui compoziție este dată de valorile unitare ale coeficientului de influență din tabelele 20 - 23, respectiv beton preparat cu:

- a) ciment cu mai puțin de 20 % adaosuri (de exemplu, tip CEM II/A), dozaj 300 kg/m³;
b) agregat de râu silico-calcaros $\phi_{max} = 31,5$ mm, fracțiune (0-1mm) 12 %.

Determinarea rezistenței $f_{c,ref}$ se face pe baza valorilor din Tabelul 24, astfel: se introduc valorile măsurate ale vitezei de propagare și ale indicelui de recul, iar la intersecția acestora se citește rezistența de referință a betonului.

Tabelul 24 - Rezistențele de referință ale betonului ($f_{c,ref}$) [N/mm²]

V [m/s]	N																		
	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52
3000	4,0	4,7	5,3	5,9	6,5	7,2	7,9	8,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3100	4,5	5,2	5,8	6,5	7,2	7,8	8,5	9,3	10,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3200	5,0	5,7	6,5	7,2	7,8	8,4	9,3	9,9	10,6	11,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3300	5,6	6,3	7,1	7,7	8,4	9,2	9,8	10,6	11,5	12,5	13,6	-	-	-	-	-	-	-	-
3400	6,2	6,9	7,6	8,3	9,2	9,8	10,6	11,5	12,5	13,6	14,6	15,6	-	-	-	-	-	-	-
3450	6,5	7,3	8,0	8,7	9,5	10,2	11,0	12,0	13,1	14,1	15,1	16,1	17,3	-	-	-	-	-	-
3500	6,8	7,6	8,3	9,1	9,8	10,5	11,4	12,4	13,6	14,6	15,6	16,7	17,9	19,7	-	-	-	-	-
3550	7,1	7,9	8,7	9,3	10,2	10,9	11,9	12,9	14,1	15,1	16,1	17,3	18,7	20,7	22,7	-	-	-	-
3600	7,4	8,2	9,0	9,7	10,5	11,3	12,3	13,4	14,6	15,6	16,7	18,0	19,7	21,7	23,9	-	-	-	-
3650	-	8,5	9,3	10,0	10,9	11,7	12,8	13,9	15,1	16,2	17,4	18,8	20,7	22,7	25,1	-	-	-	-
3700	-	8,7	9,6	10,3	11,2	12,1	13,2	14,4	15,6	16,7	18,1	19,6	21,6	23,8	26,3	28,2	-	-	-
3750	-	9,1	9,9	10,7	11,6	12,6	13,8	15,0	16,2	17,5	18,9	20,6	22,6	24,9	27,1	29,4	32,0	-	-
3800	-	9,4	10,2	11,0	12,0	13,1	14,3	15,5	16,8	18,2	19,7	21,5	23,7	26,1	28,0	30,7	33,1	35,3	-
3850	-	9,8	10,5	11,4	12,5	13,6	14,9	16,1	17,5	18,9	20,6	22,6	24,8	27,0	29,2	31,7	34,1	36,3	-
3900	-	10,1	10,7	11,7	12,9	14,1	15,4	16,7	18,2	19,6	21,4	23,7	25,8	28,0	30,4	32,8	35,0	37,3	39,7
3950	-	10,3	11,1	12,1	13,4	14,7	15,9	17,1	18,9	20,5	22,4	24,7	26,8	29,0	31,4	33,8	36,0	38,3	40,7
4000	-	10,6	11,5	12,5	13,8	15,2	16,4	17,8	19,6	21,4	23,4	25,7	27,7	30,1	32,5	34,7	37,0	39,4	41,8
4050	-	-	11,9	13,0	14,4	15,7	17,0	18,6	20,6	22,4	24,5	26,7	28,8	31,1	33,4	35,7	38,0	40,4	42,8
4100	-	-	12,2	13,5	14,9	16,2	17,6	19,3	21,4	23,3	25,5	27,7	29,8	32,2	34,4	36,7	39,1	41,5	43,8
4150	-	-	-	14,0	15,4	16,7	18,2	20,1	22,4	24,3	26,5	28,8	30,8	33,2	35,4	37,7	40,1	42,5	44,8
4200	-	-	-	14,5	15,9	17,2	18,8	20,9	23,3	25,3	27,4	29,8	31,8	34,1	36,4	38,8	41,2	43,5	45,7
4250	-	-	-	-	16,4	17,9	19,6	21,8	24,3	26,3	28,4	30,8	32,8	35,1	37,4	39,8	42,1	44,5	46,7
4300	-	-	-	-	16,9	18,5	20,5	22,7	25,3	27,3	29,4	31,7	33,8	36,0	38,4	40,8	43,1	45,3	47,8
4350	-	-	-	-	-	-	21,5	23,6	26,3	28,3	30,6	32,6	34,7	36,9	39,3	41,7	44,0	46,3	48,8
4400	-	-	-	-	-	-	22,4	24,5	27,3	29,2	31,2	33,4	35,5	37,8	40,3	42,6	45,0	47,4	49,8
4450	-	-	-	-	-	-	-	-	28,2	30,0	32,1	34,3	36,4	38,6	41,0	43,5	46,1	48,5	-
4500	-	-	-	-	-	-	-	-	29,0	30,8	33,0	35,2	37,3	39,9	42,3	44,7	47,2	49,6	-
4550	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31,8	33,9	36,2	38,4	40,9	43,4	45,8	48,2	50,7	-
4600	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34,8	37,2	39,6	42,0	44,5	47,0	49,3	52,0	-
4650	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35,8	38,2	40,6	43,1	45,6	48,0	50,5	53,0	-
4700	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37,0	39,3	41,6	44,0	46,8	49,0	51,8	54,2	-
4750	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42,5	45,0	47,7	50,1	52,8	55,4	-
4800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	43,5	46,0	48,6	51,3	53,8	56,5	-
4850	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47,0	49,7	52,2	54,9	57,5	-
4900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48,0	50,8	53,2	56,0	58,5	-
4950	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	51,8	54,3	56,9	59,6	-
5000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	52,8	55,5	57,9	60,7	-

8.4.9 Se calculează rezistența efectivă a betonului încercat cu relația:

$$f_{c,ef} = f_{c,ref} \times C_t \quad (8.12)$$

La încercarea betoanelor a căror vârstă depășește 1 an, rezultatul final se va obține prin multiplicarea valorii $f_{c,ef}$ cu un coeficient de corecție, $C_v=0,9$.

8.4.10 În situația în care se dispune de un număr de corpuri de probă (cuburi cu latură de 150 mm) în cazul betonului pus în operă sau carote în cazul construcțiilor existente, valoarea teoretică a coeficientului C_t poate fi verificată experimental, încercând distructiv și nedistructiv, cu metode combinate, corpurile de probă (cuburi sau carote) sau, recomandabil, betonul din care urmează a fi extrase carotele:

a) în cazul în care încercările nedistructive se fac direct pe carote, rezultatele măsurătorilor se corectează după cum urmează:

- 1) carote cu $d = 10$ cm: +0,6 %;
- 2) carote cu $d = 7$ cm: +2,5 %;
- 3) carote cu $d = 5$ cm: +5,6 %.

b) indicii de recul măsurați pe fața laterală a carotei se majorează cu 1...3 diviziuni în funcție de diametrul carotei (la diametre mai mari corespund majorări mai mici).

Cu ajutorul valorilor vitezelor de propagare și a indicilor de recul, astfel obținute, se determină valoarea $f_{c,ref}$ pentru fiecare probă i încercată. Totodată, se determină prin încercare la presă, rezistența efectivă a epruvetei i la compresiune. Folosind cele două valori ale rezistenței se calculează coeficientul experimental de influență al probei:

$$C_{ti}^{exp} = \frac{f_{c,exp.i}}{f_{c,ref.i}} \quad (8.13)$$

în care:

$f_{c,exp.i}$ - reprezintă rezultatul încercării distructive pe corpul de probă, i .

Se calculează media valorilor experimentale pentru toate probele încercate, conform relației:

$$C_t^{exp} = \frac{\sum_{i=1}^k C_{ti}^{exp}}{k} \quad (8.14)$$

în care:

k - reprezintă numărul epruvetelor disponibile.

8.4.11 Se compară valoarea C_t^{exp} cu valoarea calculată C_t^{real} și pot rezulta următoarele situații:

Cazul a) $\frac{|C_t^{exp} - C_t^{calc}|}{C_t^{exp}} \leq 0,1$ (8.15)

În acest caz se consideră că valorile experimentale verifică datele de calcul și oricare dintre valorile de calcul/experimentale pot fi adoptate drept valori definitive. În principiu, o corectare a rezultatelor în acest caz nu este obligatorie.

Cazul b) $0,1 < \frac{|C_t^{exp} - C_t^{calc}|}{C_t^{exp}} \leq 0,3$ (8.16)

În acest caz există o diferență între valorile de calcul și cele experimentale, care se încadrează în precizia specifică metodelor combinate și, dacă nu există nici un motiv special de a prefera una din cele două valori, valoarea cea mai sigură pentru calculul final este dată de relația:

$$C_t = \frac{C_t^{calc} + 2C_t^{exp}}{3} \quad (8.17)$$

Cazul c) $\frac{|C_t^{exp} - C_t^{calc}|}{C_t^{exp}} > 0,3$ (8.18)

În acest caz există o evidentă discordanță între rezultatele de calcul și cele experimentale și este necesară o analiză amănunțită a cauzelor, care au dus la aceste diferențe, în vederea eliminării rezultatului eronat. Dacă o asemenea analiză, nu duce la nici o concluzie, se recomandă eliminarea valorii de calcul, utilizându-se valoarea determinată experimental.

8.4.12 Precizia metodelor nedistructive combinate (prin precizie se înțelege intervalul de abateri în care sunt cuprinse 90 % din rezultatele experimentale) trebuie considerată de $\pm(15-20)$ %, în cazul în care elementele necesare ale compoziției betonului sunt corect cunoscute.

În cazul în care pe lângă compoziție se dispune de corpuri de probă sau carote, este de așteptat ca precizia metodei să fie de $\pm(10-15)$ %. Încercările pe carote se prelucrează conform prevederilor din 7.1.

În cazul în care compoziția betonului este necunoscută, sau greșit cunoscută și nu există epruvete sau carote, erorile pot atinge $\pm(25-35)$ %.

8.4.13 Valoarea coeficientului total de influență pentru clădirile de locuințe, executate în perioada 1947-1955 se poate lua, cu caracter orientativ, ca fiind egală cu:

$$C_t = C_t^{calc} \times C_v = 1,15 \quad (8.19)$$

Pentru perioade ulterioare, asemenea precizări nu se mai pot face datorită, diversificării claselor de betoane și tipurilor de cimenturi utilizate.

8.4.14 Interpretarea rezultatelor încercărilor prin metoda combinată

Rezultatele obținute pe element/structuri din beton armat prin aplicarea metodei nedistructive combinate reprezintă rezistențe la compresiune echivalente cu cele obținute pe cuburi de 150 mm.

În cazul în care numărul de rezultate este mai mic de 15, metoda servește numai la estimarea rezistenței la compresiune a betonului din lucrare. În acest caz rezistența betonului din element se consideră acceptabilă dacă sunt îndeplinite relațiile:

$$f_{m(n),is} \geq f_{ck,is} + k_1 \times s \quad (8.20)$$

$$f_{is,min} \geq f_{ck,is} - 4 \quad (8.21)$$

în care:

s - abaterea standard trebuie să fie valoarea calculată plecând de la rezultatele încercării sau să fie egală cu 3,0 N/mm², indiferent care din acestea are valoarea mai mare;

k_1 - coeficient ce ține seama de numărul de rezultate în conformitate cu Tabelul 19.

$f_{m(n),is}$ și $f_{is,min}$ - reprezintă valorile medii $f_{c,ef,med}$, respectiv minime $f_{c,ef,min}$ ale rezistenței efective $f_{c,ef}$.

Pentru determinarea rezistenței caracteristice a betonului din lucrare este necesară obținerea a minimum 15 rezultate.

Pentru evaluarea rezistenței caracteristice la compresiune „in-situ” a betonului, indiferent de tipul de element, se aplică următoarele condiții:

- a) evaluarea pentru fiecare zonă de încercare trebuie să se bazeze pe cel puțin 15 poziții de încercare;
- b) abaterea standard trebuie să fie valoarea calculată plecând de la rezultatele încercării sau să fie egală cu 3,0 N/mm², indiferent care din acestea are valoarea mai mare.

Rezistența caracteristică la compresiune „in-situ” a zonei de încercare este cea mai mică dintre valorile:

$$f_{ck,is} = f_{m(n),is} - 1,48 \times s \quad (8.22)$$

sau

$$f_{ck,is} = f_{is,min} + 4 \quad (8.23)$$

în care:

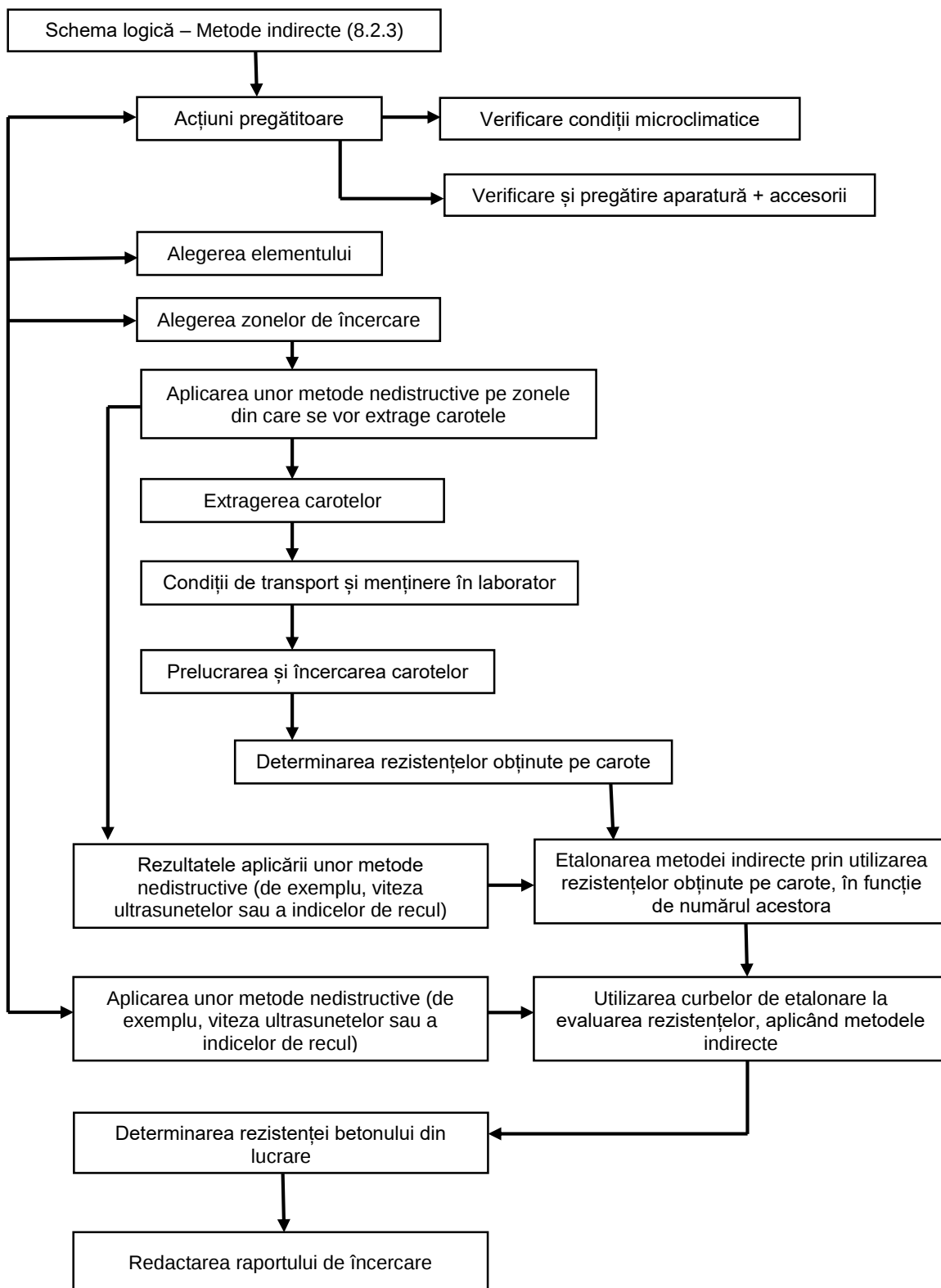
s - abaterea standard a rezultatelor încercării.

Valorile obținute se rotunjesc la cea mai apropiată valoare de 0,5 N/mm².

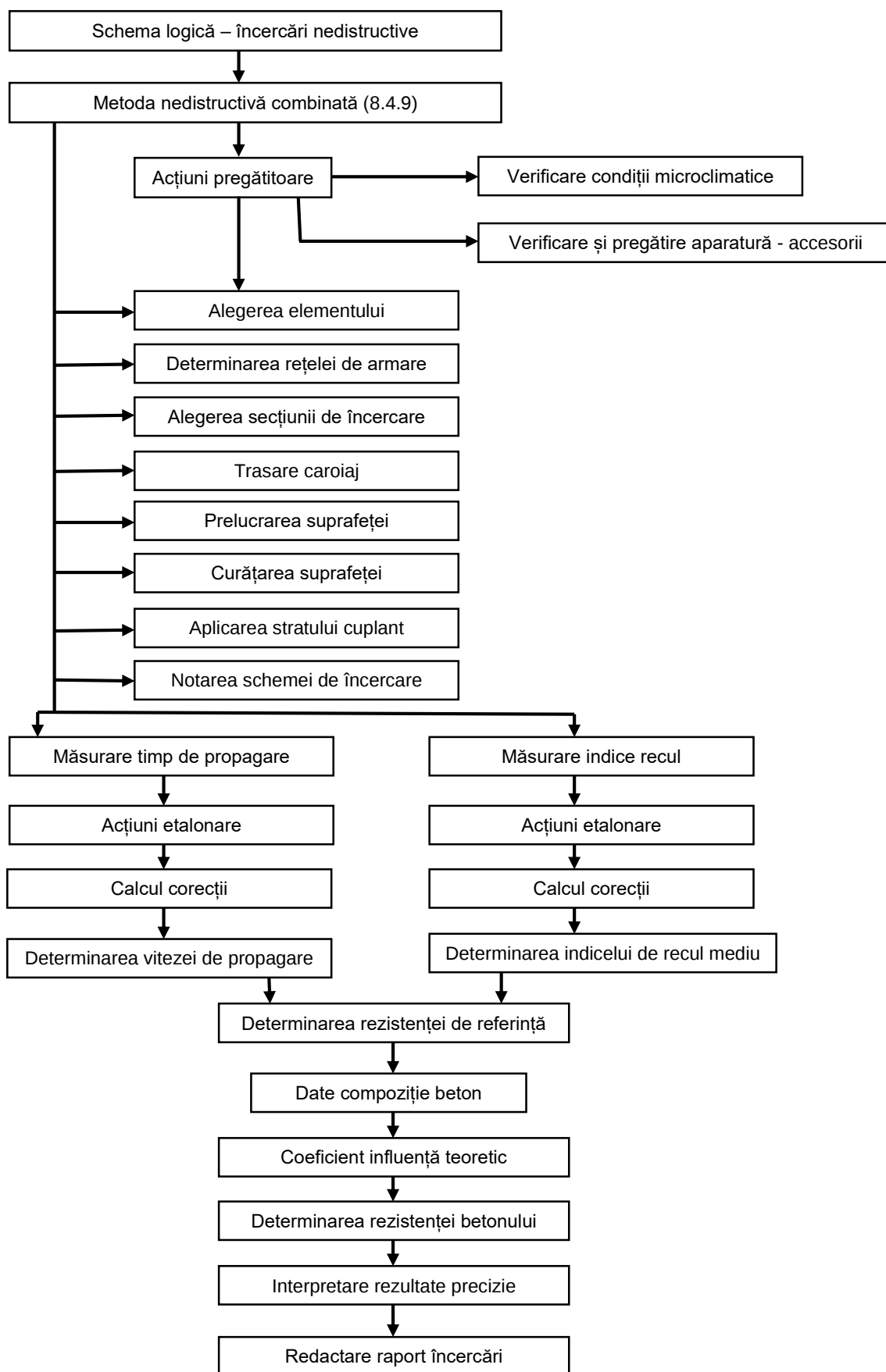
O serie de scheme logice de aplicare a diferitelor metode pentru evaluarea rezistenței betonului, exemple de prelucrare a rezultatelor obținute și comentarii la unele prevederi din Cod sunt prezentate în continuare la Anexa A, Anexa B și, respectiv Anexa C.

Anexa A
(informativă)

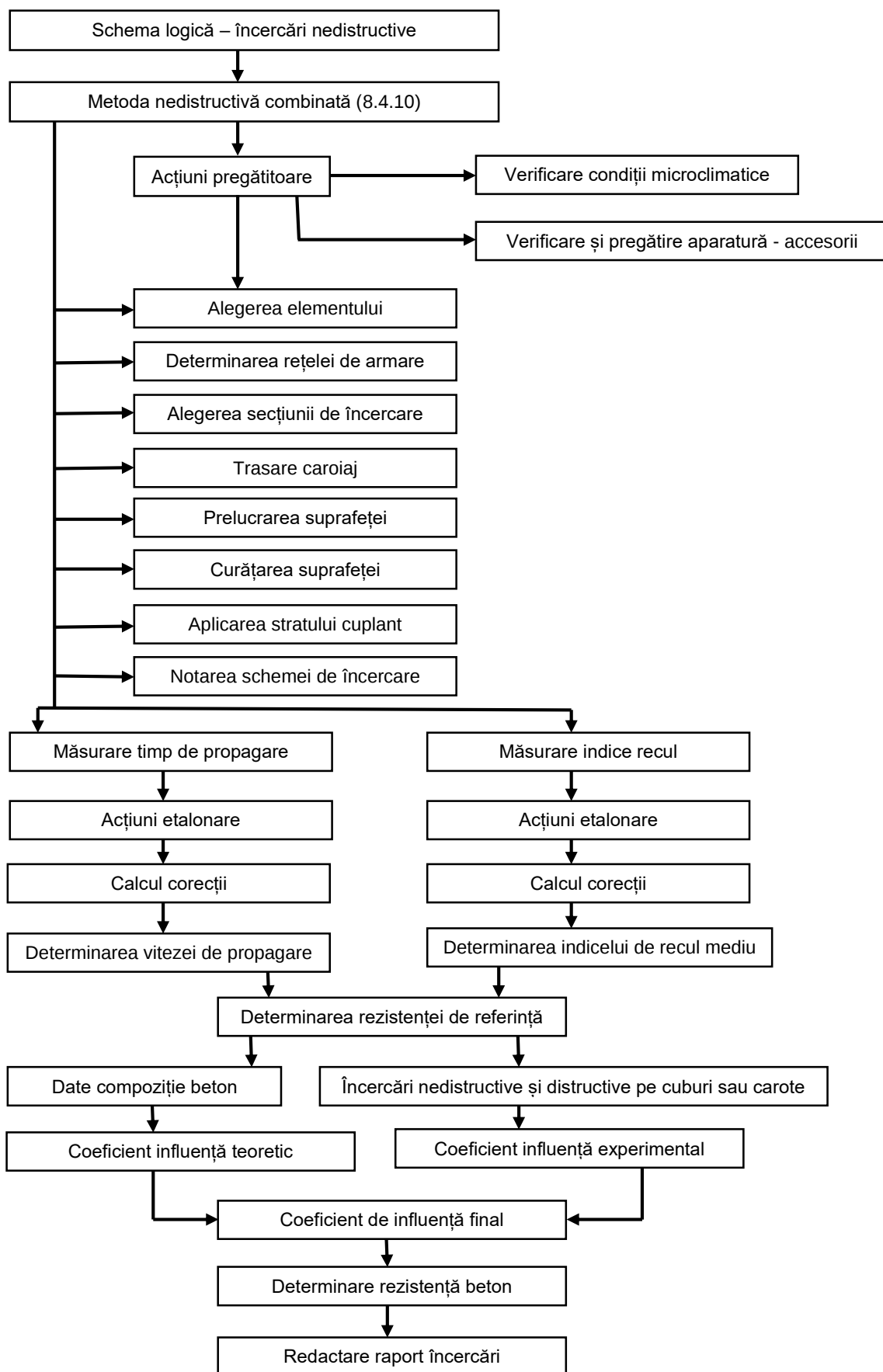
Scheme logice de aplicare a metodelor de evaluare a rezistenței la compresiune a betonului



Schema A.1- Metode indirecte, utilizarea unei curbe de etalonare plecând de la un număr limitat de carote și o curbă de bază



Schema A.2 - Metoda combinată, utilizarea coeficientului de influență teoretic



Schema A.3 - Metoda combinată, utilizarea coeficienților de influență teoretic și experimental

Anexa B
(informativă)

Exemple de prelucrare a rezultatelor obținute prin aplicarea metodelor de evaluare a rezistenței la compresiune a betonului

B.1 Aplicarea metodelor pentru evaluarea rezistenței la compresiune „in-situ” a betonului prin încercări pe carote de beton (8.1.3.3).

B.1.1 Determinarea rezistenței betonului, dintr-o pardoseală existentă care urmează să sufere modificări, având clasa de beton C20/25 conform proiect, cu o suprafață de 600 m² și o grosime de 25 cm, beton realizat cu agregat $\phi_{\max} = 32$ mm, prin metoda carotelor.

S-au extras 12 carote cu un diametru de 94 mm cu lungimi cuprinse între 150 - 180 mm care ulterior au fost prelucrate la dimensiunile prezentate în Tabelul B.1.

Pregătirea și încercarea carotelor s-au făcut în conformitate cu prevederile 7.1 al prezentului Cod. În urma acestor încercări au rezultat datele din Tabelul B.1.

Tabelul B.1 - Rezultatele încercărilor la compresiune a carotelor

Număr carotă	d carotă (mm)	h carotă (mm)	Forța de rupere (kN)	Aria (mm ²)	$f_{car.}$ (N/mm ²)
1	94	104,6	121,796	6940	17,5
2	94	106,5	127,128	6940	18,5
3	94	112,5	130,496	6940	19,0
4	94	111,6	129,373	6940	18,5
5	94	107,7	132,601	6940	19,0
6	94	109,2	159,121	6940	23,0
7	94	104,4	146,211	6940	21,0
8	94	114,2	162,148	6940	23,5
9	94	111,4	147,755	6940	21,5
10	94	101,5	166,137	6940	24,0
11	94	106,6	145,931	6940	21,0
12	94	108,0	157,988	6940	23,0

B.1.2 Determinarea rezistenței betonului la compresiune, echivalentă pe cuburi de 150 mm, se face conform 7.1.6 cu ajutorul relației:

$$f_{is} = a \times b \times c \times e \times g \times f_{car}$$

în care:

$f_{car} = F/A_{car}$, reprezintă rezistența carotei obținută prin încercarea direct la presă.

B.1.3 Rezultate obținute sunt prezentate în Tabelul B.2:

Tabelul B.2 - Determinarea rezistenței la compresiune a betonului, echivalentă pe cuburi de 150 mm

Număr carotă	$f_{car.}$ (N/mm ²)	raport h/d	coef. „b”	coef. „a”	coef. „c”	coef. „e”	coef. „g”	f_{is} (N/mm ²)	$f_{m(12),is}$ (N/mm ²)
1	17,5	1,11	1,04	1,00	1,06	1,00	0,96	18,5	22,5
2	18,5	1,13	1,05	1,00	1,06	1,00	0,96	20,0	
3	19,0	1,20	1,07	1,00	1,06	1,00	0,96	21,0	
4	18,5	1,19	1,07	1,00	1,06	1,00	0,96	20,0	
5	19,0	1,14	1,05	1,00	1,06	1,00	0,96	20,5	
6	23,0	1,16	1,05	1,00	1,06	1,00	0,96	24,5	
7	21,0	1,11	1,04	1,00	1,06	1,00	0,96	22,0	
8	23,5	1,20	1,07	1,00	1,06	1,00	0,96	25,5	
9	21,5	1,18	1,06	1,00	1,06	1,00	0,96	23,0	

(continuă)

Tabelul B.2 (continuare)

Număr carotă	$f_{car.}$ (N/mm ²)	raport h/d	coef. „b”	coef. „a”	coef. „c”	coef. „e”	coef. „g”	f_{is} (N/mm ²)	$f_{m(12),is}$ (N/mm ²)
10	24,0	1,08	1,03	1,00	1,06	1,00	0,96	25,0	22,5
11	21,0	1,13	1,05	1,00	1,06	1,00	0,96	22,5	
12	23,0	1,15	1,05	1,00	1,06	1,00	0,96	24,5	

B.1.4 Prelucrarea rezultatelor se efectuează conform 8.1.3.3:

$f_{is,min} = 18,5$ N/mm², rezistența minimă (Tabelul B.2).

$f_{m(12),is} = 22,5$ N/mm², rezistența medie (Tabelul B.2).

$f_{ck,is,cub} = 21$ N/mm² rezistența caracteristică „in-situ” minimă pentru clasa de beton C20/25 (Tabelul 2).

$f_{ck,is} = f_{is,min} + 4 = 18,5 + 4 = 22,5$ N/mm².

$f_{ck,is} = f_{m(n),is} - k = 22,5 - 5 = 17,5$ N/mm².

CONCLUZIE

Valoarea minimă a lui $f_{ck,is}$ este 17,5 N/mm², inferioară valorii $f_{ck,is,cub} = 21$ N/mm² (rezistența caracteristică „in-situ” minimă pentru clasa de beton C 20/25), deci betonul nu a realizat clasa de beton prescrisă.

B.2 Aplicarea metodelor pentru evaluarea rezistenței la compresiune a betonului prin încercări pe carote (8.1.3.3) și/sau prin utilizarea unei relații determinate plecând de la un număr limitat de carote și o curbă de bază (8.2.3).

B.2.1 Evaluarea rezistenței betonului este efectuată pe baza rezultatelor obținute prin încercarea la compresiune a carotelor și a măsurărilor nedistructive indirecte prin metoda ultrasonică, având la dispoziție 10 perechi de rezultate, prezentate în Tabelul B.3:

Tabelul B.3 - Rezultate individuale obținute prin aplicarea metodelor nedistructive și distructive

Punctul de măsurare	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
f_{is}^* (N/mm ²)	21,4	19,0	17,8	19,5	18,4	19,0	26,0	18,6	19,6	18,0
v (km/s)	4,099	4,076	4,002	4,120	4,087	4,149	4,423	4,051	4,117	4,012

* NOTĂ - În acest caz valorile rezistențelor nu s-au rotunjit la cea mai apropiată valoare de 0,5 MPa deoarece aceste rezultate s-au utilizat și pentru aplicarea metodei indirecte.

B.2.2 Evaluarea rezistenței caracteristice a betonului pe baza rezultatelor obținute la încercarea la compresiune a carotelor se face conform abordării B (8.1.3.3), deoarece numărul de carote este cuprins între 3 și 14.

Valoarea medie a rezultatelor, $f_{m(12),is} = 19,7$ N/mm².

Valoarea cea mai mică, $f_{is,min} = 17,8$ N/mm².

Valoarea coeficientului k , pentru 10 încercări, $k = 5$.

B.2.3 Se consideră cea mai mică valoare dintre:

$f_{m(12),is} - k = 19,7 - 5 = 14,7$ N/mm².

și

$f_{is,min} + 4 = 17,8 + 4 = 21,8$ N/mm².

Rezistența caracteristică a betonului din lucrare este $f_{ck,is} = 14,7$ N/mm².

B.2.4 Deoarece carotele încercate se înscriu în condiția de echivalare a rezistenței cu cea obținută pe cuburi cu latura de 150 mm, rezultă că rezistența caracteristică a betonului din lucrare corespunde clasei de rezistență C12/15 pentru care $f_{ck, is, cub} = 13 \text{ N/mm}^2$, conform Tabelului 2.

B.2.5 Trasarea curbei, care exprimă relația între datele măsurate prin metodă ultrasonică, indirectă, și rezistențe, se face conform cazului 2 (8.2.3), deoarece numărul de puncte în care s-au efectuat perechi de determinări este cuprinsă între 9 și 18, astfel:

a) se calculează valorile f_v pentru curba de bază, pentru vitezele măsurate, cu relația:

$$f_v = 62,5v^2 - 497,5v + 990$$

b) se calculează diferențele $\delta f_v = f_{is} - f_v$ pentru fiecare punct de măsurare;

c) se calculează abaterea medie pătratică, s_v , pentru vitezele măsurate;

d) se calculează valoarea medie, δf_{vm} a diferențelor δf_v ;

e) se calculează valoarea Δf_v , cu care se deplasează curba de bază, cu relația $\Delta f_v = \delta f_{vm} - k_1 \times s_v$, în care coeficientul k_1 este dependent de numărul de rezultate;

f) se trasează curba care reprezintă relația între vitezele măsurate și rezistențele betonului, prin deplasarea curbei de bază cu Δf_v .

Rezultatele calculelor sunt prezentate în Tabelul B.4 și reprezentate grafic în Figura B.1.

Tabelul B.4 - Determinarea valorii δf_v

Nr. punct	v_i (km/s)	f_{is} (N/mm ²)	f_v (N/mm ²)	δf_v (N/mm ²)
1	4,099	21,4	0,8	20,6
2	4,076	19,0	0,6	18,4
3	4,002	17,8	0,0	17,8
4	4,120	19,5	1,2	18,3
5	4,087	18,4	0,7	17,7
6	4,149	19,0	1,8	17,2
7	4,423	26,0	12,3	13,7
8	4,051	18,6	0,3	18,3
9	4,117	19,6	1,2	18,4
10	4,012	18,0	0,0	18,0

NOTĂ – $k_1 = 1,62$ (pentru 10 rezultate); $s_v = 0,118$; $\delta f_{vm} = 17,8 \text{ N/mm}^2$; $\Delta f_v = 17,8 - 1,62 \times 0,118 = 17,6 \text{ N/mm}^2$.

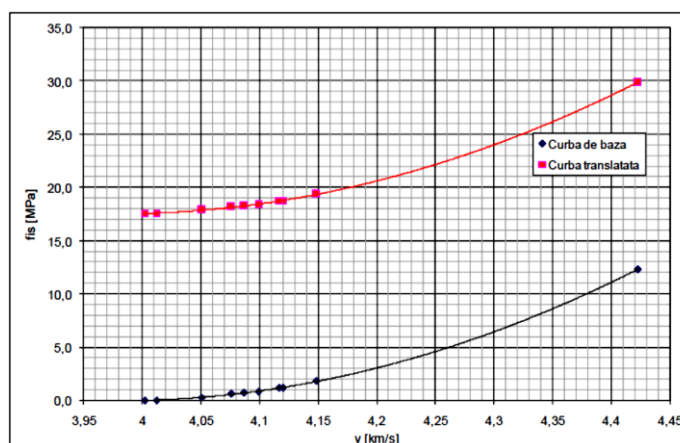


Figura B.1 - Curba care indică relația între vitezele măsurate și rezistențele betonului, obținută prin deplasarea curbei de bază cu Δf_v

B.2.6 Cu ajutorul curbei, care indică relația între vitezele măsurate și rezistențele betonului, se poate evalua rezistența betonului din lucrare în funcție de valorile măsurate ale vitezelor ultrasunetelor. Condiția de aplicare este ca vitezele măsurate să nu se situeze în afara intervalului în care s-au încadrat valorile vitezelor utilizate pentru trasarea curbei ($\pm 0,05 \text{ km/s}$).

Evaluarea rezistenței caracteristice nu se poate efectua decât dacă sunt disponibile mai mult de 15 rezultate.

CONCLUZIE

Metoda încercării carotelor oferă cele mai precise informații despre rezistența betonului din lucrare. Fiind o metodă distructivă și destul de laborioasă nu poate fi aplicată în toate cazurile.

Metoda poate fi utilizată ca metodă independentă sau în combinație cu metodele indirecte pentru evaluarea rezistenței betonului din construcții existente.

B.3 Metoda nedistructiv combinată

B.3.1 Evaluarea rezistenței la compresiune a betonului din elementele structurii de rezistență a unui imobil de locuințe (controlul calității betonului din 3 stâlpi din beton, de la parterul unui imobil de locuințe situat într-un mediu neagresiv chimic, prin metoda nedistructivă combinată), în cazul în care se dispune de cuburi prelevate la locul turnare (8.4.10), se face în felul următor:

B.3.1.1 Date tehnice:

- a) beton de clasă: C16/20;
- b) secțiune transversală stâlpi: 40 × 40 cm;
- c) compoziția betonului:
 - 1) tip ciment: CEM/II-AS 32,5 R;
 - 2) dozaj ciment: 275 kg/m³;
 - 3) agregat: cuarțos de râu;
 - 4) granulozitate: 0 ... 31,5 mm;
 - 5) fracțiunea fină (0 ... 1) mm: 23,9 %;
- d) vârsta betonului: 90 de zile;
- e) corpuri de probă: 3 cuburi cu latură de 150 mm, prelevate la locul turnare.

B.3.1.2 Descriere încercare

Stâlpii au fost încercați pe două direcții, în 3 secțiuni și în 4 puncte pe secțiune, câte 2 puncte pe fiecare direcție de încercare. Încercările pentru componenta ultrasonică a metodei combinate au fost executate prin tehnica transmisiei directe. Încercările pentru componenta de duritate superficială (sclerometrul) a metodei combinate au fost executate într-o singură secțiune a câte minimum 9 măsurători.

B.3.1.3 Prelucrarea rezultatelor

Determinarea rezistenței betonului la compresiune se face cu ajutorul relației:

$$f_{c,ef} = f_{c,ref} \times C_t$$

Stabilirea valorii coeficientului C_t se face în funcție de valorile coeficienților C_t^{calc} și C_t^{exp} .

Coeficientul de influență teoretic de calcul C_t^{calc} se calculează cu relația:

$$C_t^{calc} = C_c \times C_d \times C_a \times C_\phi \times C_g$$

Valorile coeficienților sunt prezentate în Tabelul B.5 (a se vedea și tabelele 20 ... 23).

Tabelul B.5 - Valorile coeficienților de influență

Nr. crt.	Caracteristica determinată Compoziția betonului	Simbol	Coeficient de influență						
			C_c	C_d	C_a	C_ϕ	C_g	C_v	C_t
1	Tip ciment: II/A-S-32,5 R	C_c	1,00						
2	Dozaj ciment: 275 kg/m ³	C_d		0,97					
3	Tip agregat: Cuarțos de râu	C_a			1,00				

(continuă)

Tabelul B.5 (continuare)

Nr. crt.	Caracteristica determinată Compoziția betonului	Simbol	Coeficient de influență						
			C_c	C_d	C_a	C_ϕ	C_g	C_v	C_t
4	Dimensiune maximă agregat: 31,5 mm.	C_ϕ				1,00			
5	Fracțiune fină agregat: 23,9 %	C_g					1,06		
6	Vârsta betonului: 90 zile	C_v						1,00	
7	Coeficientul de influență teoretic de calcul	C_t^{calc}							1,03

B.3.1.4 Coeficientul de influență experimental C_t^{exp} se determină pe baza încercărilor nedistructive și distructive, pe corpuri de probă, cu ajutorul relației:

$$C_t^{exp} = \frac{f_{c,exp}}{f_{c,ref}}$$

Rezultatele acestor încercări sunt prezentate în Tabelul B.6.

Tabelul B.6 - Rezultatele încercărilor distructive și nedistructive pe corpuri de probă

Nr. crt.	Caracteristica determinată	Simbol	U.M.	Valori				
				Cub 1	Cub 2	Cub 3	Media	C_t^{exp}
1	Încercări nedistructive							
1.1	Viteza de propagare medie	V_L	km/s	3,75	3,65	3,86	3,75	
1.2	Indice de recul	N	div.	30	23	26	28	
1.3	Rezistența la compresiune de referință	$f_{c.ref}$	N/mm ²	14,75	13,45	14,90	14,40	
2	Încercări distructive							
2.1	Rezistența la compresiune	$f_{c,exp}$	N/mm ²	13,95	15,35	13,53	14,27	
2.2	Coeficient de influență experimental	C_t^{exp}		0,95	1,14	0,91	1,00	1,00

Cunoscând cele două componente ale coeficientului de influență final total C_t , valoarea acestuia rezultă:

$$C_t = \frac{C_t^{exp} + C_t^{calc}}{2} = (1 + 1,03)/2 = 1,015$$

Deoarece $\left| \frac{C_t^{exp} - C_t^{calc}}{C_t^{exp}} \right| \leq 0,1$, caz în care se apreciază că datele experimentale verifică datele de calcul și nu sunt necesare corecții.

Prelucrarea rezultatelor obținute este prezentată în Tabelul B.7.

(Loc liber lăsat intenționat)

Tabelul B.7 - Determinarea valorii rezistenței efective

Nr. crt.	Element	Sect.	Punct	Viteza ultrasonică V_L (km/s)		Indice de recul N (div)		$f_{c,ref}$ $C_t = 1$ (N/mm ²)	C_t <i>med</i>	Rezistența efectivă $f_{c,ef}$ (N/mm ²)	
				ind.	med.	ind.	med.	med. sect.		med. sect.	med. elem.
1	Stâlp S1	A	1	4,39							
			2	3,95	4,02			19,9		20,2	
			3	4,29							
			4	4,31							
		B	1	4,01		26, 25					
			2	4,19	4,22	29, 28		19,8	1,015	20,1	
			3	4,29		28, 30	28				20,0
			4	4,51		30, 29					
		C	1	4,14		28, 29					
			2	4,07	4,21			19,6		19,9	
			3	4,26							
			4	4,36							
2	Stâlp S2	A	1	4,34							
			2	4,16							
			3	4,09	4,20			26,8		27,2	
			4	4,22							
		B	1	4,31		36, 36			1,015		
			2	4,30		33, 37					27,6
			3	4,30	4,26	35, 36	35	28,0		28,4	
			4	4,12		34, 35					
		C	1	4,14		32, 34					
			2	4,24	4,20			26,8		27,2	
			3	4,24							
			4	4,18							
3	Stâlp S3	A	1	4,21							
			2	4,22							
			3	4,06	4,12			21,8		22,2	
			4	3,99							
		B	1	4,43		32, 31					
			2	4,14		32, 32					
			3	4,16	4,16	30, 31	32	22,8	1,015	23,1	23,0
			4	3,99		34, 32					
		C	1	4,37		33, 34					
			2	4,20	4,21			23,3		23,6	
			3	4,20							
			4	4,10							

NOTĂ - Interpretarea rezultatelor se efectuează conform 8.4.14.

B.3.1.5 Rezistența betonului din lucrare este analizată în funcție de:

- rezistența la compresiune minimă pe secțiuni ($f_{c,ef,min} = 19,9 \text{ N/mm}^2$);
- rezistența la compresiune medie pe elemente ($f_{c,ef,med} = 23,5 \text{ N/mm}^2$);
- abaterea standard a rezultatelor, $s = 3,32$ - în conformitate cu 8.4.14 se alege această abatere standard.

B.3.1.6 Determinarea rezistenței caracteristice (cea mai mică valoare dintre):

- $f_{ck,is} = f_{m(n),is} - 1,48 \times s = 23,5 - 1,48 \times 3,32 = 18,6 \text{ N/mm}^2$;
- $f_{ck,is} = f_{is,min} + 4 = 19,9 + 4 = 23,9 \text{ N/mm}^2$.

Conform Tabelului 2, $f_{ck,is,cub}$ pentru clasa C16/20 este 17 N/mm^2 , deci betonul din stâlpi corespunde acestei clase de beton.

NOTA 1 - În cazul în care se cerea determinarea rezistenței caracteristice a fiecărui stâlp în parte, trebuiau încercate 15 poziții pe fiecare element.

NOTA 2 - Rezultatele inferioare obținute pe corpurile de proba indică o prelevare și/sau menținere neadecvată a acestora, fapt care a determinat necesitatea încercării elementelor „in-situ” prin metode nedistructive.

NOTA 3 - Rezultatele se rotunjesc la cea mai apropiată valoare de 0,5 MPa.

B.4 Evaluarea rezistenței la compresiune a betonului din grinzile structurii de rezistență a unui imobil de locuințe (Controlul calității betonului din 3 grinzi din beton, a unui imobil de locuințe prin metoda nedistructiv combinată), se dispune pe carotele prelevate din lucrare (8.4.10), se face în felul următor:

B.4.1 Date tehnice:

- a) beton de clasă: C 16/20;
- b) dimensiuni grindă:
 - lățime 25 cm;
 - înălțime 40 cm;
 - lungime 460 cm.
- c) compoziția betonului:
 - 1) tip ciment: CEM/IIA-S 32,5 R;
 - 2) dozaj ciment: 275 Kg/m³;
 - 3) agregat: Cuarțos de râu;
 - 4) granulozitate: 0 ... 31,5 mm ;
 - 5) fracțiunea fină (0 ... 1) mm: 23,9 %;
- d) maturitatea betonului: aproximativ 5 ani.

Carote extrase din elemente ale structurii realizate cu aceeași clasă de beton: 3 bucăți cu $d = 100$ mm, care după prelucrare au avut $h = 105$ mm.

B.4.2 Descriere încercare

B.4.2.1 Grinzile au fost încercate, în zona centrală în 5 secțiuni a câte 4 puncte pe fiecare secțiune.

B.4.2.2 Încercările prin metoda ultrasonică au fost efectuate prin tehnica transmisiei directe. Încercările prin metoda de duritate au fost executate într-o singură secțiune, a câte minimum 9 măsurători.

B.4.3 Prelucrarea rezultatelor

B.4.3.1 Determinarea rezistenței betonului la compresiune se face cu ajutorul relației:

$$f_{c,ef} = f_{c,ref} \times C_t$$

B.4.3.2 Stabilirea valorii coeficientului C_t se face în funcție de valorile coeficienților C_t^{calc} și C_t^{exp} .

Coeficientul de influență teoretic de calcul C_t^{calc} se calculează cu relația:

$$C_t^{calc} = C_c \times C_d \times C_a \times C_\phi \times C_g$$

Valorile coeficienților sunt prezentate în Tabelul B.8 (a se vedea și tabelele 20 ... 23).

Tabelul B.8 - Valorile coeficienților de influență

Nr. crt.	Caracteristica determinată Compoziția betonului	Simbol	Coeficient de influență						
			C_c	C_d	C_a	C_ϕ	C_g	C_v	C_t
1	Tip ciment: II/A-S-32,5 R	C_c	1,00						
2	Dozaj ciment: 275 kg/m ³	C_d		0,97					
3	Tip agregat: Cuarțos de râu	C_a			1,00				
4	Dimensiune maximă agregat: 31,5 mm.	C_ϕ				1,00			
5	Fracțiune fină agregat: 23,9 %	C_g					1,06		
6	Maturitatea betonului: 5 ani	C_v						0,90	
7	Coeficientul de influență teoretic de calcul	C_t^{calc}							0,93

B.4.3.3 Coeficientul de influență experimental C_t^{exp} se determină pe baza încercărilor nedistructive și distructive, pe corpuri de probă, cu ajutorul relației:

$$C_t^{exp} = \frac{f_{c,exp}}{f_{c,ref}}$$

Rezultatele acestor încercări sunt prezentate în Tabelul B.9.

Tabelul B.9 - Rezultatele încercărilor distructive și nedistructive pe corpuri de probă

Nr. crt.	Caracteristica determinată	Simbol	U.M.	Valori				
				Carota 1	Carota 2	Carota 3	Media	C_t^{exp}
1	Încercări nedistructive							
1.1	Viteza de propagare medie	V_L	km/s	3,81	3,75	3,75	3,77	
1.2	Indice de recul	N	div.	30	29	34	31	
1.3	Rezistența la compresiune de referință	$f_{c.ref}$	N/mm ²	15,6	14,80	17,55	15,98	
2	Încercări distructive							
2.1	Rezistența la compresiune	$f_{c,exp}$	N/mm ²	17,14	18,22	14,75	16,70	
2.2	Coeficient de influență experimental	C_t^{exp}		1,10	1,23	0,84	1,06	1,06

Cunoscând cele două componente ale coeficientului de influență final total C_t , valoarea acestuia rezultă:

Deoarece $\frac{|C_t^{exp} - C_t^{calc}|}{C_t^{exp}} = (1,06 - 0,93)/1,06 = 0,122$

$10\% \leq \frac{|C_t^{exp} - C_t^{teor}|}{C_t^{exp}} \leq 30\%$, se poate adopta coeficientul final de transformare cu valoarea:

$$C_t = \frac{2C_t^{exp} + C_t^{teor}}{3} = (2 \times 1,06 + 0,93)/3 = 1,02.$$

Prelucrarea rezultatelor obținute este prezentată în Tabelul B.10.

Tabelul B.10 - Determinarea valorii rezistenței efective

Nr. crt.	Element	Sect.	Punct	Viteza ultrasonică V_L (km/s)		Indice de recul N (div)		$f_{c,ref}$ $C_t = 1$ (N/mm ²)	C_t <i>med</i>	Rezistența efectivă $f_{c,ef}$ (N/mm ²)	
				ind.	med.	ind.	med.	med. sect.		med. sect.	med. elem.
1	Grinda G1	A	1	3,95							
			2	4,15							
			3	3,90	3,94			17,3		17,6	
			4	3,77							
		B	1	3,78		26, 25					
			2	4,09							
			3	4,14	4,03	29, 30		18,6		19,0	
			4	4,11		29, 28	30				
		C	1	4,17		30, 32					
			2	4,19		34, 33			1,02		
			3	4,11	4,04	30		18,8		19,2	18,9
			4	4,09							
		D	1	3,76							

(continuă)

Tabelul B.10 (continuare)

Nr. crt.	Element	Sect.	Punct	Viteza ultrasonică V_L (km/s)		Indice de recul N (div)		$f_{c,ref}$ $C_t = 1$ (N/mm ²)	C_t med	Rezistența efectivă $f_{c,ef}$ (N/mm ²)	
				ind.	med.	ind.	med.			med. sect.	med. elem.
			2	4,10	4,04			18,8		19,2	
			3	4,12							
			4	4,19							
			E 1	3,91							
			2	4,16	4,06			19,10		19,5	
			3	3,94							
			4	4,22							
2	Grinda G2	A	1	3,91							
			2	4,16							
			3	3,94	4,06			19,20		19,6	
			4	4,22							
		B	1	4,31							
			2	4,15							
			3	4,01	4,06	28, 27		19,20		19,6	
			4	4,02		29, 31	30				
		C	1	3,78		33, 34			1,02		
			2	4,02		32, 30					
			3	4,00	3,96	30		17,60		18,0	
			4	4,04							19,4
		D	1	3,91							
			2	4,16							
			3	3,94	4,10			19,50		19,9	
			4	4,20							
		E	1	4,15							
			2	3,98	4,13			19,50		20,2	
			3	4,29							
			4	4,10							
3	Grinda G3	A	1	3,76							
			2	4,10	4,04			20,3		20,7	
			3	4,12							
			4	4,19							
		B	1	3,72							
			2	4,06	4,00			19,5		19,9	
			3	4,02		32					
			4	4,22		32, 31					
		C	1	3,56		33, 34	32		1,02		
			2	4,30		30, 31					
			3	3,98	4,03	33, 34		20,1		20,5	21,3
			4	4,29							
		D	1	3,76							
			2	4,10							
			3	4,12	4,05			20,5		20,9	
			4	4,24							
		E	1	4,26							
			2	4,17	4,23			24,1		24,6	
			3	4,20							
			4	4,28							

B.4.4 Interpretarea rezultatelor

NOTĂ - Interpretarea rezultatelor se efectuează conform 8.4.14.

B.4.4.1 Rezistența betonului din lucrare este analizată în funcție de:

- rezistența la compresiune minimă pe secțiuni ($f_{c,ef,min} = 17,6$ N/mm²);
- rezistența la compresiune medie pe elemente ($f_{c,ef,med} = 19,9$ N/mm²);
- abaterea standard a rezultatelor, $s = 1,58$ - în conformitate cu 8.4.14 se alege $s = 3$.

B.4.4.2 Determinarea rezistenței caracteristice (cea mai mică valoare dintre):

- a) $f_{ck, is} = f_{m(n), is} - 1,48 \times s = 19,9 - 1,48 \times 3 = 15,5 \text{ N/mm}^2$;
 b) $f_{ck, is} = f_{is, min} + 4 = 17,6 + 4 = 21,6 \text{ N/mm}^2$.

Conform Tabelului 2, $f_{ck, is, cub}$ pentru clasa C12/15 este 13 N/mm^2 , deci betonul din grinzi corespunde acestei clase de beton. Betonul din lucrare este sub clasa de rezistență prescrisă.

Conform Tabelului 2, $f_{ck, is, cub}$ pentru clasa C16/20 este 17 N/mm^2 , deci betonul din lucrare este sub clasa de rezistență prescrisă. Pentru clasa de beton C12/15, $f_{ck, is, cub} = 13 \text{ N/mm}^2$, deci betonul din lucrare corespunde acestei clase de beton.

NOTĂ - În cazul în care se cerea determinarea rezistenței caracteristice a fiecărei grinzi în parte, trebuiau luate în considerare rezistențele obținute pentru fiecare punct.

B.4.4.3 Rezistența betonului din grinda G3 analizată se determină în funcție de:

- a) rezistența la compresiune minimă pentru fiecare punct ($f_{c, ef. min} = 14,3 \text{ N/mm}^2$);
 b) rezistența la compresiune medie pe grindă ($f_{c, ef. med} = 21,3 \text{ N/mm}^2$);
 c) abaterea standard a rezultatelor, $s = 1,87$ - în conformitate cu 8.4.14 se alege $s = 3$.

B.4.4.4 Determinarea rezistenței caracteristice (cea mai mică valoare dintre):

- a) $f_{ck, is} = f_{m(n), is} - 1,48 \times s = 21,3 - 1,48 \times 3 = 16,9 \text{ N/mm}^2$;
 b) $f_{ck, is} = f_{is, min} + 4 = 14,3 + 4 = 18,3 \text{ N/mm}^2$.

Conform Tabelului 2, $f_{ck, is, cub}$ pentru clasa C16/20 este 17 N/mm^2 , deci betonul din grinda G3 corespunde acestei clase de beton.

NOTĂ - Rezultatele se rotunjesc la cea mai apropiată valoare de $0,5 \text{ MPa}$.

B.5 Evaluarea rezistenței la compresiune a betonului din unele elemente ale structurii de rezistență (pereți structurali) a unei construcții industriale în condiții de mediu agresiv chimic (se dispune de carote prelevate din lucrare) (8.4.10), se face în felul următor:

B.5.1 Date tehnice:

- a) beton de clasă: C 20/25;
 b) dimensiuni perete: - grosime 25 cm ;
 c) înălțime 360 cm ;
 d) lungime 460 cm .
 e) compoziția betonului:
 1) tip ciment: CEM/IIA-S 32,5 R;
 2) dozaj ciment: 320 kg/m^3 ;
 3) agregat: Cuarțos de râu;
 4) granulozitate: $0 \dots 31,5 \text{ mm}$;
 5) fracțiunea fină ($0 \dots 1 \text{ mm}$): 18% ;
 f) maturitatea betonului: aproximativ 10 ani.

Carote extrase din unele elemente a structurii realizate cu aceeași clasă de beton: 3 bucăți cu $d = 100 \text{ mm}$ care, după prelucrare, au avut $h = 105 \text{ mm}$.

B.5.2 Descriere încercare

B.5.2.1 Pereții au fost încercați, în 5 secțiuni a câte 4 puncte pe fiecare secțiune.

B.5.2.2 Încercările prin metoda ultrasonică au fost efectuate prin tehnica transmisiei directe. Încercările prin metoda de duritate au fost executate într-o singură secțiune a câte minimum 9 măsurători.

B.5.3 Prelucrarea rezultatelor

B.5.3.1 Determinarea rezistenței betonului la compresiune se face cu ajutorul relației:

$$f_{c,ef} = f_{c,ref} \times C_t$$

B.5.3.2 Stabilirea valorii coeficientului C_t se face în funcție de valorile coeficienților C_t^{calc} și C_t^{exp} .

Coeficientul de influență teoretic de calcul C_t^{calc} se calculează cu relația:

$$C_t^{calc} = C_c \times C_d \times C_a \times C_\phi \times C_g$$

Valorile coeficienților sunt prezentate în Tabelul B.11 (a se vedea și tabelele 20 ... 23).

Tabelul B.11 - Valorile coeficienților de influență

Nr. crt.	Caracteristica determinată Compoziția betonului	Simbol	Coeficient de influență						
			C_c	C_d	C_a	C_ϕ	C_g	C_v	C_t
1	Tip ciment: II/A-S-42,5 R	C_c	1,04						
2	Dozaj ciment: 320 kg/m ³	C_d		1,02					
3	Tip agregat: Cuarțos de râu	C_a			1,00				
4	Dimensiune maximă agregat: 31,5 mm.	C_ϕ				1,00			
5	Fracțiune fină agregat: 18,0 %	C_g					1,03		
6	Maturitatea betonului: 10 ani	C_v						0,90	
7	Coeficientul de influență teoretic de calcul	C_t							1,00

B.5.4 Coeficientul de influență experimental C_t^{exp} se determină pe baza încercărilor nedistructive și distructive, pe corpuri de probă, cu ajutorul relației:

$$C_t^{exp} = \frac{f_{c,exp}}{f_{c,ref}}$$

Rezultatele acestor încercări sunt prezentate în Tabelul B.12.

Tabelul B.12 - Rezultatele obținute experimental

Nr. crt.	Caracteristica determinată	Simbol	U.M.	Valori				
				Carota 1	Carota 2	Carota 3	Media	C_t^{exp}
1	Încercări nedistructive							
1.1	Viteza de propagare medie	V_L	km/s	3,81	3,75	3,75	3,77	
1.2	Indice de recul	N	div.	30	29	34	31	
1.3	Rezistența la compresiune de referință	$f_{c,ref}$	N/mm ²	15,6	14,80	17,55	15,98	
2	Încercări distructive							
2.1	Rezistența la compresiune	$f_{c,exp}$	N/mm ²	17,14	18,22	14,75	16,70	
2.2	Coeficient de influență experimental	C_t^{exp}		1,10	1,23	0,84	1,06	1,06

Cunoscând cele două componente ale coeficientului de influență final total C_t , valoarea acestuia rezultă:

$$C_t = \frac{C_t^{exp} + C_t^{calc}}{2} = (1 + 1,06)/2 = 1,03$$

Deoarece $\left| \frac{C_t^{exp} - C_t^{calc}}{C_t^{exp}} \right| \leq 0,1$, caz în care se apreciază că datele experimentale verifică datele de calcul și nu sunt necesare corecții.

Prelucrarea rezultatelor obținute este prezentată în Tabelul B.13.

Tabelul B.13 - Determinarea valorii rezistenței efective

Nr. crt.	Element	Sect.	Punct	Viteza ultrasonică V_L (km/s)		Indice de reful N (div)		$f_{c,ref}$ $C_t = 1$ (N/mm ²)	C_t <i>med</i>	Rezistența efectivă $f_{c,ef}$ (N/mm ²)	
				ind.	med.	ind.	med.	med. sect.		med. sect.	med. elem.
1	Perete D1	A	1	3,65							
			2	3,99	3,93			18,40		18,9	
			3	4,16							
			4	2,99*							
		B	1	3,81							
			2	4,20		30, 32					
			3	3,73	3,91	31, 33	32	18,20		18,5	
			4	2,81*		35, 34					
		C	1	3,92		31, 33					
			2	3,82	3,81	32		16,60	1,03	17,1	19,4
			3	3,69							
			4	2,95*							
		D	1	3,50							
			2	3,84	3,86			17,30		17,8	
			3	4,23							
			4	2,88*							
		E	1	4,17							
			2	4,20	4,22			23,90		24,6	
			3	4,28							
			4	4,24							
2	Perete D2	A	1	**							
			2	3,42							
			3	3,84	3,69			20,90		21,5	
			4	3,82							
		B	1	**							
			2	3,84							
			3	3,83	3,87			24,40		25,1	
			4	3,95		38, 38					
		C	1	4,09		37, 40			1,03		
			2	4,03	4,03	42, 39	39	27,40		28,2	
			3	3,97		39, 41					
			4	4,03		39					
		D	1	3,97							25,9
			2	3,94	3,94			25,80		26,6	
			3	3,86							
			4	4,00							
		E	1	4,03							
			2	4,09	4,02			27,10		27,9	
			3	4,00							
			4	3,97							
3	Perete D3	A	1	4,03							
			2	3,98							
			3	3,95	3,97			21,90		22,6	
			4	3,92							
		B	1	3,75		35, 36					
			2	3,54		37, 32	35				
			3	3,77	3,71	34, 33		17,30		17,8	
			4	3,80		36, 37					
		C	1	3,54		35					
			2	3,68					1,03		
			3	3,73	3,59			15,90		16,4	19,1
			4	3,42							
		D	1	3,86							
			2	3,82							
			3	3,77	3,81			19,10		19,7	

(continuă)

Tabelul B.13 (continuare)

Nr. crt.	Element	Sect.	Punct	Viteza ultrasonică V_L (km/s)		Indice de recul N (div)		$f_{c,ref}$ $C_t = 1$ (N/mm ²)	C_t med	Rezistența efectivă $f_{c,ef}$ (N/mm ²)	
				ind.	med.	ind.	med.			med. sect.	med. elem.
			4	3,79							
		E	1	3,78							
			2	3,84	3,74			18,20		18,8	
			3	3,70							
			4	3,66							

NOTĂ - Zone cu degradări rezultate din măsurători, cu valori ale vitezelor sub 3 km/s (*) sau vizibile (**) ce nu se iau în considerare în calcul.

B.5.5 Interpretarea rezultatelor

NOTĂ - Interpretarea rezultatelor se efectuează conform 8.4.14.

B.5.5.1 Rezistența betonului din lucrare este analizată în funcție de:

- rezistența la compresiune minimă pe secțiune ($f_{c,ef,min} = 16,4$ N/mm²);
- rezistența la compresiune medie pe elemente ($f_{c,ef,med} = 21,5$ N/mm²);
- abaterea standard a rezultatelor, $s = 4,09$ - în conformitate cu 8.4.14 se alege $s = 4,09$.

B.5.5.2 Determinarea rezistenței caracteristice (cea mai mică valoare dintre):

- $f_{ck,is} = f_{m(n),is} - 1,48 \times s = 21,5 - 1,48 \times 4,09 = 15,4$ N/mm²;
- $f_{ck,is} = f_{is,min} + 4 = 16,4 + 4 = 20,4$ N/mm².

Conform Tabelului 2, $f_{ck,is,cub} = 21$ N/mm² pentru clasa C20/25, deci betonul din lucrare nu corespunde clasei de beton prescrise, betonul are clasa de rezistență C12/15 ($f_{ck,is,cub} = 13$ N/mm²).

NOTA 1- Rezultatele se rotunjesc la cea mai apropiată valoare de 0,5 MPa.

NOTA 2 - În cazul în care se cerea determinarea rezistenței caracteristice a fiecărui perete în parte, trebuiau luate în considerare rezistențele obținute pentru fiecare punct.

B.5.5.3 Rezistența betonului din peretele D2 se determină în funcție de:

- rezistența la compresiune minimă pentru fiecare punct ($f_{c,ef,min} = 16,5$ N/mm²);
- rezistența la compresiune medie pe perete ($f_{c,ef,med} = 25,9$ N/mm²);
- abaterea standard a rezultatelor, $s = 2,72$ - în conformitate cu 8.4.14 se alege $s = 3$.

B.5.5.4 Determinarea rezistenței caracteristice (cea mai mică valoare dintre):

- $f_{ck,is} = f_{m(n),is} - 1,48 \times s = 25,9 - 1,48 \times 3 = 21,5$ N/mm²;
- $f_{ck,is} = f_{is,min} + 4 = 16,5 + 4 = 20,5$ N/mm².

Conform Tabelului 2, $f_{ck,is,cub} = 21$ N/mm² pentru clasa C20/25, deci betonul din peretele D2 nu corespunde clasei de beton prescrise, betonul are clasa de rezistență C16/20 ($f_{ck,is,cub} = 17$ N/mm²).

NOTĂ - Rezultatele se rotunjesc la cea mai apropiată valoare de 0,5 MPa.

Anexa C
(informativă)**Comentarii și recomandări**

NOTĂ - Numerele capitolelor și subcapitolelor din prezenta anexă sunt corelate cu cele din capitolul 1, capitolul 5 și capitolul 7 al prezentului Cod.

C.1 Obiect și domeniu de aplicare

C.1.1 Metodele prezentate în acest Cod pot fi aplicate indiferent de tipul și destinația construcției având structura din beton armat monolit/prefabricat sau de etapele de realizare/fazele de intervenție în care se află aceasta, în cazul în care nu există dispoziții contrare specificate de proiectant și/sau expert.

C.1.3 În prezentul Cod sunt prezentate principiile pentru stabilirea unor relații între:

- a) rezultatele testelor pe carote și rezistența betonului;
- b) rezultatele testelor indirecte și rezistența obținută pe carote;
- c) rezultatele testelor indirecte combinate (inclusiv în condițiile în care se dispune de carote sau pe corpuri de probă) și rezistența betonului.

C.5 Planificarea investigațiilor privind evaluarea rezistenței la compresiune a betonului**C.5.3 Selectarea programelor de încercare****C.5.3.2** Precizia evaluării rezistenței „in-situ”

În cazul unor anumite metode de încercare, de exemplu, viteza ultrasunetelor sau durității superficiale, extinderea încercărilor conduce la creșteri relativ reduse ale costurilor, dar în alte cazuri cum ar fi metoda extragerii și încercării carotelor, costurile se pot majora substanțial. Decizia privind numărul și tipurile de încercări trebuie să se ia având în vedere o evaluare a costurilor necesare obținerii unui grad de încredere adecvat al rezultatelor încercărilor.

C.7 Metode de încercare pentru evaluarea rezistenței la compresiune a betonului**C.7.1 Metoda carotelor****C.7.1.1 Considerații generale**

Carotele pot fi utilizate și la determinarea următoarelor caracteristici ale betonului:

- a) rezistența la întindere prin despicare, conform SM SR EN 12390-6;
- b) rezistența la îngheț-dezghet, conform SM CEN/TS 12390-9;
- c) gradul de permeabilitate;
- d) densitatea aparentă;
- e) porozitatea.

C.7.1.2 Selectarea zonelor de extragere a carotelor

Rezistența betonului într-un element descrește către partea superioară chiar și pentru plăci, și poate fi cu până la 25 % mai mică în extremitatea superioară decât în miezul betonului. Betonul de rezistență scăzută este adesea concentrat la o distanță de 300 mm sau de 20% de partea superioară a înălțimii elementului (se alege valoarea mai mică).

C.7.1.4 Mărimea carotelor

Coeficientul de variație a rezistenței obținute pe carote în cazul încercării într-un singur laborator este de 3,2 %, respectiv de 4,7%, pentru încercări inter-laboratoare pentru betoane având rezistențe între 32 MPa și 48 MPa. În cazul în care se încearcă două probe extrase din același beton, valorile rezistențelor individuale obținute nu diferă cu mai mult 9 % față de rezistența medie în cazul încercărilor efectuate într-un singur laborator, respectiv cu 13 % în cazul în care rezultatele individuale s-au obținut în cadrul unor încercări inter-laboratoare.

C.7.1.6 Aparatura și tehnica de încercare. Determinarea rezistenței la compresiune

Factorii principali care determină diferențele sunt:

- a) degradarea unui strat de beton adiacent suprafeței laterale a carotei datorită operației de carotare;
- b) degradarea unui strat de beton adiacent suprafețelor de capăt a carotei, prin operația de tăiere transversală, sau neuniformitatea de transmitere a sarcinii la capetele rupte de pe fund cu pene sau leviere;
- c) existența unui strat intermediar între platanele preseii și carotă cu proprietăți diferite de cele ale betonului;
- d) existența unei zvelteți definite ca raport între înălțimea carotei și diametru, variabile și diferite de valoarea caracteristică a rezistenței cubului.

C.7.2 Metoda ultrasunetelor**C.7.2.1 Considerații generale**

Cele mai importante proprietăți ale betonului care influențează viteza ultrasunetelor sunt modulul de elasticitate și densitatea. Pentru beton aceste proprietăți sunt influențate de tipul de agregate, de proporția și de proprietățile fizice ale acestora precum și de proprietățile fizice ale pastei de ciment care este influențată de raportul inițial apă/ciment și de maturitate betonului. Rezistența betonului este influențată mai mult de raportul apă/ciment decât de tipul de agregate și de proprietățile pastei și ale agregatelor.

C.7.2.2 Domeniu de aplicare

Metoda ultrasunetelor mai poate fi utilizată pentru determinarea:

- a) proprietăților elasto-dinamice ale betonului;
- b) defectelor din elemente sau structuri;
- c) modificărilor structurii betonului în timpul întăririi sub acțiunea agenților chimici sau fizici agresivi, sau sub acțiunea solicitărilor mecanice;
- d) omogenității betonului în lucrare.

C.7.2.3 Selectarea zonelor de încercare și numărul de încercări

La selectarea zonelor de încercare se apreciază că:

- a) pentru controlul omogenității este suficientă o rețea de puncte cu distanța între secțiuni de 50 cm;
- b) pentru examenul defectoscopic este necesară o rețea principală, cu distanța între secțiuni de 30 cm, posibilități de îndesire suplimentară, prin rețele secundare.

C.7.4 Încercarea betonului prin metoda nedistructivă combinată**C.7.4.1 Considerații generale**

Utilizarea metodei nedistructive combinate prezintă următoarele avantaje în raport cu alte metode nedistructive:

- a) precizia determinării rezistenței este, de regulă, superioară metodelor nedistructive simple;
- b) nu obligă la cunoașterea maturității betonului;
- c) este mai puțin influențată de variațiile necontrolate ale dozajului și tipului de ciment sau ale granulozității agregatului decât metoda ultrasonică.

C.7.4.3 Selectarea zonelor de încercare și numărul de încercări

Dacă încercările se efectuează pe fața turnată a elementelor, valorile rezistențelor la compresiune, determinate pe baza încercărilor nedistructive combinate, vor fi cu circa 20 % mai mici decât cele reale.

Bibliografie

- [1] Legea nr. 235 din 01 decembrie 2011 privind activitățile de acreditare și de evaluare a conformității, cu modificările ulterioare (Publicat: 07.03.2012 în Monitorul Oficial Nr. 46-47, art. Nr: 136).
- [2] Hotărârea Guvernului Nr. 329 din 23 aprilie 2009 pentru aprobarea Regulamentului cu privire la atestarea tehnico-profesională a specialiștilor cu activități în construcții, cu modificările ulterioare (Publicat: 08.05.2009 în Monitorul Oficial Nr. 86-88, art. Nr: 384).

Pagină albă

Traducerea autentică a prezentului document în limba rusă

Начало перевода

1 Область применения

1.1 Положения настоящего Кодекса практики в строительстве (далее - Кодекс) применяются, главным образом, к оценке прочности бетона на сжатие в построечных (натурных) условиях:

a) существующих конструкций в следующих случаях:

- 1) если существующую конструкцию модифицируют или перепроектируют;
- 2) сейсмической оценки существующих конструкций.

b) новых конструкций в следующих случаях:

- 1) когда оценка прочности бетона в построечных условиях необходима в процессе возведения;
- 2) при оценке конструкции по критериям соответствия в случаях, когда возможно снижение прочности на сжатие бетона в конструкции вследствие некачественного выполнения, в случае повреждения (деградации) бетона при воздействии пожара или других факторов;
- 3) выявление несоответствия прочности бетона на сжатие после испытания образцов бетона на бетонных заводах;
- 4) непроизведение отбора проб на месте производства бетонных работ.

1.2 Методы оценки прочности бетона на сжатие, представленные в Кодексе, являются:

- a) неразрушающие методы (ультразвуковой метод, метод поверхностной твердости);
- b) полунрушающие методы (метод усилия вырыва из бетона);
- c) разрушающие методы (метод отбора образцов из бетонных конструкций);
- d) простые или комбинированные методы.

1.3 Настоящий Кодекс представляет для каждого метода/комбинации методов возможности применения, точность оценки прочности бетона, а также принципы и указания по установлению зависимостей между результатами испытаний при применении косвенных методов испытаний и прочностью на сжатие выбуренных кернов, отобранных из бетона в конструкции.

1.4 Настоящий Кодекс не распространяется на:

- a) определение качества бетона в заглубленных конструкциях;
- b) определение пористости и прочности на растяжение при раскалывании бетона при использовании метода выбуренных кернов;
- c) определение упругодинамических свойств, однородности, дефектов и скрытой деградации бетона с помощью ультразвукового метода.

1.5 Методы оценки «на месте» прочности бетона на сжатие в конструкциях и сборных элементах выполняются аккредитованными/признанными лабораториями в соответствии с [1].

1.6 Положения настоящего Кодекса адресованы проектировщикам, подрядчикам работ, специалистам в строительстве аккредитованных в соответствии с [2], проверяющим и контролирующим органам (проверка и/или экспертиза проекта, проверка, контроль и/или экспертиза работ), а также инвесторам/бенефициарам строительства.

2 Нормативные ссылки

Следующие документы, полностью или частично, являются нормативными ссылками в настоящем Кодексе и являются незаменимыми для его применения. Для датированных ссылок применяется только цитированное издание. Для недатированных ссылок применяется последняя редакция документа (включительно любые поправки).

SM EN 206+A1:2017	Beton. Specificație, performanță, producție și conformitate
SM EN 1992-1-1:2011	Eurocod 2: Proiectarea structurilor de beton. Partea 1-1: Reguli generale și reguli pentru clădiri
SM SR EN 12350-1:2011	Încercare pe beton proaspăt. Partea 1: Eșantionare
SM EN 12390-1:2015	Încercare pe beton întărit. Partea 1: Formă, dimensiuni și alte condiții pentru epruvete și tipare
SM SR EN 12390-2:2011	Încercare pe beton întărit. Partea 2: Pregătirea și păstrarea epruvetelor pentru încercări de rezistență
SM SR EN 12390-3:2011	Încercare pe beton întărit. Partea 3: Rezistența la compresiune a epruvetelor
SM SR EN 12390-4:2011	Încercare pe beton întărit. Partea 4: Rezistența la compresiune. Caracteristicile mașinilor de încercare
SM SR EN 12390-6:2011	Încercare pe beton întărit. Partea 6: Rezistența la întindere prin despicare a epruvetelor
SM CEN/TS 12390-9:2017	Încercare pe beton întărit. Partea 9: Rezistență la îngheț-dezgheț cu ajutorul sărurilor de dezghețare. Exfoliere
SM SR EN 12504-1:2011	Încercări pe beton în structuri. Partea 1: Carote. Prelevare, examinare și încercări la compresiune
SM EN 12504-2:2016	Încercări pe beton în structuri. Partea 2: Încercări nedistructive. Determinarea indicelui de recul
SM EN 12504-3:2015	Încercări pe beton în structuri. Partea 3: Determinarea forței de smulgere
SM SR EN 12504-4:2016	Încercare pe beton. Partea 4: Determinarea vitezei de propagare a ultrasunetelor
SM SR EN 13791:2011	Evaluarea in-situ a rezistenței la compresiune a betonului din structuri și din elemente prefabricate

3 Термины, определения и обозначения

3.1 Термины и определения

Для правильного толкования настоящего Кодекса применяются термины согласно CP H.04.04 и SM SR EN 13791 со следующими дополнениями:

3.1.1

стандартное отклонение

стандартное отклонение (выборочное), $s = \{[(x_1 - M)^2 + (x_2 - M)^2 + \dots + (x_n - M)^2]/(n - 1)\}^{1/2}$ является оценкой стандартного отклонения совокупности результатов, в предположении, что в выборке имеется n результатов со значениями $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ имеющих среднее значение $M(x_1 + x_2 + \dots + x_n)/n$

3.1.2

кern

цилиндр, извлеченный из бетонного элемента/конструкции (простой, армированный или преднапряженный), с помощью операции бурения (вырезки)

3.1.3

твёрдость поверхности бетона (поверхностная твёрдость)

свойство бетонной поверхности, измеряемое в виде доли энергии, возвращаемой стандартизированной массе в результате ее воздействия на бетонную поверхность

3.1.4

стандартная погрешность

стандартная погрешность $SE_x = s/\sqrt{n}$ представляет собой отношение между стандартным отклонением и квадратным корнем числа результатов, n

3.1.5

на месте

в естественных условиях, в построечных (натурных) условиях, на месте производства работ

3.1.6

неразрушающие испытания

испытания, которые не наносят повреждения элементу в ходе обследования

3.1.7

место измерений

ограниченная поверхность, выбранная для измерений, на основании результатов которых осуществляется оценка прочности на сжатие бетона в конструкции «на месте»

3.1.8

характеристическая прочность на сжатие бетона в конструкции «на месте»

значение прочности на сжатие «на месте», ниже которого может находиться 5 % совокупности всех результатов возможного определения прочности рассматриваемого объема бетона, определяемой с уровнем доверительной вероятности 0,95

ПРИМЕЧАНИЕ - Генеральная совокупность, применяемая для оценки характеристической прочности на сжатие бетона, может не соответствовать генеральной совокупности, применяемой для определения соответствия свежеприготовленной бетонной смеси согласно SM EN 206+A1.

3.1.9

прочность на сжатие выбуренного керна

прочность на сжатие выбуренного керна, установленная в соответствии с требованиями SM SR EN 12504-1

3.1.10

эталонное сопротивление сжатию

прочность бетона на сжатие, полученная прямым применением комбинированного метода

3.1.11

фактическая прочность на сжатие

прочность на сжатие бетона, полученного из эталонной прочности на сжатие путем применения коэффициентов влияния

3.1.12

прочность на сжатие «на месте»

прочность бетона из конструктивного элемента/сборного элемента, выраженная в единицах эквивалентного сопротивления стандартизированного образца, куба или цилиндра, отобранного, изготовленного, выдержанного и испытанного согласно SM SR EN 12350-1, SM SR EN 12390-2 и SM SR EN 12390-3

3.1.13

область измерений

один или несколько элементов конструкции или строительного изделия, о котором(-ых) известно или предполагается, что он(-и) изготовлен(-ы) из бетона, принадлежащего одной генеральной совокупности. Область измерений включает несколько мест измерений

3.2 Обозначения

Для целей настоящего Кодекса используются следующие символы:

d	диаметр керна;
d_r	расстояние от оси стержня до ближнего конца керна;
f_{is}	результат испытаний по прочности на сжатие бетона в конструкции «на месте»;
$f_{is,min}$	наименьший результат испытаний по прочности на сжатие бетона в конструкции «на месте»;
$f_{m(n),is}$	среднее значение прочности на сжатие бетона «на месте» для n результатов испытаний;
$f_{car.}$	прочность на сжатие бетона, полученного на кернах;
$f_{c,ref}$	эталонная прочность бетона на сжатие, полученная при применении комбинированного метода;
$f_{c,ef}$	фактическая прочность на сжатие бетона, полученная из эталонной прочности после применения коэффициентов влияния;
$f_{c,exp.i}$	прочность бетона на сжатие, полученная разрушающими испытаниями при применении комбинированного метода;
f_{ck}	характеристическая прочность на сжатие стандартных образцов;
$f_{ck,is}$	характеристическая прочность на сжатие бетона в конструкции «на месте»;
$f_{ck,is,cub}$	характеристическая прочность на сжатие бетона в конструкции «на месте», соответствующая прочности на сжатие куба с ребром 150 мм;
$f_{ck,is,cyl}$	характеристическая прочность на сжатие бетона в конструкции «на месте», соответствующая прочности на сжатие цилиндра размерами 150 × 300 мм;
$f_{is,l}$	оцениваемая прочность на сжатие бетона в конструкции «на месте», полученная при применении косвенных методов испытаний, если по результатам испытаний выбуренных кернов была составлена определенная зависимость (вариант 1);
$f_{is,F}$	оцениваемая прочность на сжатие бетона в конструкции «на месте», полученная при калиброванных испытаниях на вырыв выбуренных кернов (вариант 2);
$f_{is,R}$	оцениваемая прочность на сжатие бетона в конструкции «на месте», полученная при калиброванных испытаниях на упругий отскок выбуренных кернов (вариант 2);
$f_{is,v}$	оцениваемая прочность на сжатие бетона в конструкции «на месте», полученная при калиброванных испытаниях на скорость ультразвукового импульса выбуренных кернов (вариант 2);
f_F	начальное значение прочности на сжатие «на месте», определенное по базовой кривой в зависимости от усилия вырыва; результат испытаний на усилие вырыва F применяется для определения смещения;
f_R	начальное значение прочности на сжатие «на месте», определенное по базовой кривой в зависимости от значения отскока; результат измерения отскока R применяется для определения смещения;
f_v	начальное значение прочности на сжатие «на месте», определенное по базовой кривой в зависимости от скорости ультразвукового импульса; скорость ультразвукового импульса v применяется для определения смещения;

γ_c	частный коэффициент запаса прочности для бетона;
K	размах значений для малого числа результатов испытаний;
k_1	коэффициент, зависящий от количества пар результатов испытаний;
k_2	коэффициент, зависящий от требований, действующих на месте применения; если требования не установлены, то значение принимают равным 1,48;
l	высота/длина керна;
n	число результатов испытаний;
s	стандартное отклонение;
ν	результат испытаний на определение скорости ультразвукового импульса, примененного к методу непрямого прозвучивания;
t_{cut}	толщина алмазной коронки режущего ножа для разрезки керна;
A_{car}	поперечное сечение керна;
F	результат испытания на усилие вырыва;
F_{car}	максимальное усилие, достигнутое при испытании керна;
L	расстояние между передатчиком и приемником по прямой;
N	значение величины отскока;
R	результат испытаний на упругий отскок (при помощи склерометра);
T	время распространения импульсов в бетоне;
V_a	скорость распространения ультразвука в арматуре;
V_B	реальная скорость распространения ультразвука в бетоне;
V_L	скорость продольного распространения ультразвука;
Δf	смещение кривой базовой зависимости (базовой кривой);
δf	разность значений прочности на сжатие выбуренного керна и прочности на сжатие, определенной с помощью базовой зависимости;
$\delta f_{m(n)}$	среднее значение δf для n результатов испытаний;
$\Phi_{max.agr}$	максимальный размер заполнителя;
Φ_{arm}	диаметр арматуры.

4 Общие положения

4.1 В настоящем Кодексе представлены основные методы испытаний/процедуры и методы оценки прочности бетона отобранного из конструкции или конструктивных элементов «на месте».

4.2 В то же время целесообразно выбрать наиболее подходящий метод исследования в зависимости от условий испытаний, чтобы получить значения прочности на сжатие, максимально приближенные к фактическим. Для каждого метода подробно описаны ситуации, когда его использование указано/противопоказано.

4.3 Прочность бетона на растяжение, может быть определено путем:

- а) расчета, основанного на положениях стандарта SM EN 1992-1-1, касающихся взаимосвязи между прочностью на растяжение и прочностью на сжатие;
- б) испытания непосредственно кернов (прочность на растяжение при раскалывании, согласно SM SR EN 12390-6).

5 Планирование исследований по оценке прочности бетона на сжатие

5.1 Общие положения

5.1.1 Оценка прочности бетона на сжатие в конструкциях дает данные о важнейшей характеристике бетона - его классе прочности. Его идентификация, в основном, требуется при:

- а) оценке существующих бетонных конструкций;
- б) определении качества бетона в новых конструкциях, если есть сомнения о качестве, несоответствии бетона на заводах по его производству и т. д.

5.1.2 Методы оценки прочности бетона на сжатие приведены в Главе 8. Оценка прочности основана на результатах, полученных с использованием методов испытаний, представленных в Главе 7.

5.1.3 В Кодексе представлены следующие методы испытаний: метод отбора кернов (образцов) (7.1), метод определения скорости ультразвукового импульса (7.2), метод определения величины отскока (7.3), испытание бетона комбинированным неразрушающим методом (7.4) и метод испытаний по определению усилия вырыва (7.5).

ПРИМЕЧАНИЕ - Испытательное оборудование, методы испытаний и представление результатов испытаний должны соответствовать требованиям SM SR EN 12504-1, SM EN 12504-2, SM EN 12504-3 и SM SR EN 12504-4.

5.2 Классификация методов испытаний

Методы испытаний могут быть классифицированы на основе следующих критериев:

5.2.1 Место проведения испытаний:

- а) на месте;
- б) в лаборатории.

5.2.2 Области применения определенных отраслей физики:

- а) механические методы отскока;
- б) методы ультразвукового импульса;
- с) электромагнитные методы.

5.2.3 Метод определения прочности бетона:

- а) прямой;
- б) косвенный.

5.2.4 Влияние на бетон:

- а) разрушающее;
- б) полунеразрушающее;
- с) неразрушающее.

5.2.5 Применение неразрушающих испытаний:

- а) простые;
- б) комбинированные.

5.3 Выбор программ испытаний

5.3.1 Общие положения

Программа испытаний выбирается, в основном, в зависимости от целей исследований, местных условий и других соответствующих условий.

5.3.2 Выбор методов испытания

Выбор определенного метода испытаний, из представленных в Таблице 1, зависит от следующих факторов:

- а) области измерений (тестирования). Факторы, которые следует учитывать:
 - 1) положение испытываемого бетона (положение для испытания) в элементе;
 - 2) положение наиболее нагруженных сечений;
 - 3) изменение прочности по толщине элемента;
 - 4) расположение арматур, обозначенных на чертежах проектной документации или с помощью пахометра;
 - 5) наличие локальных дефектов.
- б) производимых разрушительных эффектов. Выбор между использованием разрушающих или неразрушающих методов может зависеть от эффекта:
 - 1) испытания на видимой поверхности элемента;
 - 2) бурения отверстий при отборе кернов;
 - 3) вырезки арматуры.
- с) точности определений. Уровень точности зависит от:
 - 1) используемого метода;
 - 2) количества измерений;
 - 3) точности и степени достоверности корреляции между различными методами.

В Таблице 1 представлена классификация четырех методов испытаний на прочность на сжатие бетона, основанная на общих критериях оценки, с указанием основных особенностей (преимуществ/ограничений) применения каждого из них.

Таблица 1 – Преимущества и ограничения применения различных методов испытания прочности бетона на сжатие

Область измерений	Тип метода	Точность оценки прочности	Скорость исполнения	Простота применения	Экономическая эффективность	Отсутствие повреждений
в глубине	выбуривание и испытание кернов	4	2	1	1	1
	скорость ультразвука	2	3	3	3	4
в области поверхности	вырыв с раскалыванием	2	2	1	1	2
на поверхности	поверхностная твердость	1	4	4	4	4

ПРИМЕЧАНИЕ – Количество баллов от 1 до 4 дается для классификации методов в соответствии с различными критериями оценки.

5.3.3 Соображения относительно точности оценки прочности «на месте»

5.3.3.1 Степень достоверности оценки прочности бетона растет одновременно с увеличением количества проведенных испытаний.

5.3.3.2 Наиболее прямым методом оценки прочности бетона «на месте» является испытание кернов, отобранных из элемента конструкции (разрушающий метод).

5.3.3.3 Наиболее подходящей процедурой оценки является сочетание неразрушающих и разрушающих методов испытаний. Например, измерение скорости ультразвука (неразрушающий метод) на кернах, перед их испытанием разрушающим методом, повышает достоверность измерений «на месте» путем применения метода скорости ультразвука.

В то же время, изучение как можно большего количества элементов с помощью ультразвукового метода, перед извлечением кернов, приводит к более точной оценке прочности бетона в конструкции.

5.3.3.4 В программе испытаний можно выбрать комбинацию различных методов тестирования, которые позволят:

- а) применение предварительного метода относительно другого;
- б) использование ограниченного количества кернов для достижения корреляции со скоростью ультразвука на определенных участках конструкции, таким образом чтобы метод можно было использовать для оценки прочности бетона по всей конструкции;
- с) применение двух или более неразрушающих испытаний для повышения точности оценки прочности бетона по сравнению с простыми методами.

5.3.4 Местные условия

Условия, которые следует учитывать при выборе методов исследования, включают:

- а) общее состояние исследуемой конструкции, включая возможность транспортировки оборудования для исследования;
- б) доступность к исследуемым областям;
- с) безопасность персонала, проводящего испытания, и, в целом, лиц, находящихся в зонах исследования.

5.3.5 Другие условия выбора

Программа исследования также должна учитывать и влияние других факторов, таких как:

- а) задержки выполнения во время проведения испытаний и анализа результатов, и принятия соответствующих решений;
- б) необходимость удаления поврежденного бетона и выполнения ремонта и/или упрочнения;
- с) особенности различных методов исследования;
- д) необходимость выбора соответствующего количества испытаний.

В Таблице 1 представлена классификация применения различных методов испытаний на основе общих критериев оценки.

6 Характеристическая прочность на сжатие бетона в конструкциях «на месте» относительно классов по прочности на сжатие

6.1 Требования к минимальной характеристической прочности на сжатие, определенные «на месте» в соответствии со стандартом SM SR EN 13791, относительно классов прочности на сжатие, определенных в соответствии с SM EN 206+A1 и CP N.04.04, приведены в Таблице 2.

Таблица 2 – Соответствие между характеристической прочностью при минимальном сжатии «на месте» и классом прочности бетона на сжатие

Класс прочности на сжатие согласно SM EN 206+A1 и CP N.04.04	Характеристическая прочность на сжатие бетона, определенная «на месте», согласно SM SR EN 13791	
	$f_{ck, is, cyl}$	$f_{ck, is, cub}$
C8/10	7	9
C12/15	10	13
C16/20	14	17
C20/25	17	21
C25/30	21	26

(продолжается)

Таблица 2 (продолжение)

C30/37	26	31
C35/45	30	38
C40/50	34	43
C45/55	38	47
C50/60	43	51
C55/67	47	57

6.2 В Таблице 3 приведены значения характеристической прочности бетона на сжатие, определенные «на месте» в конструкции. Эти значения получены путем воздействия на характеристическое сопротивление бетона (класс бетона) с коэффициентом субъединицы γ_c , равным 0,85.

Таблица 3 – Характеристическая прочность на сжатие бетона определенная «на месте»

Классы прочности на сжатие в соответствии с SM EN 206+A1	Соотношение между характеристической прочностью бетона, определяемой «на месте» и характеристической прочностью стандартных образцов	Характеристическая прочность бетона, определяемой «на месте»	
		$f_{ck, is, cyl}$	$f_{ck, is, cub}$
C8/10	0,85	7	9
C12/15		10	13
C16/20		14	17
C20/25		17	21
C25/30		21	26
C30/37		26	31
C35/45		30	38
C40/50		34	43
C45/55		38	47
C50/60		43	51
C55/67		47	57

ПРИМЕЧАНИЕ 1 - Прочность на сжатие бетона в конструкции может быть меньше прочности на сжатие, установленной при испытаниях стандартных образцов из той же партии бетона.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 - Отношение 0,85 является поправочным коэффициентом для γ_c согласно SM EN 1992-1-1.

7 Методы испытаний для оценки прочности бетона на сжатие

7.1 Метод отбора кернов

7.1.1 Общие положения

7.1.1.1 Испытания путем выбуривания кернов являются прямыми разрушительными испытаниями, которое они оказывают на бетон в исследуемом элементе, и проводятся в соответствии с SM SR EN 12504-1.

7.1.1.2 Испытание бетона при помощи кернов используется для получения информации о качестве бетона из конструкции, включая его прочность на сжатие.

7.1.1.3 Керны не являются эквивалентом для бетона из конструкции, залитого образца, той же формы и размера. Это связано с разрушением в структуре бетонной конструкции, происходящем как на боковых, так и на торцевых поверхностях керна во время операции его извлечения и обработки.

Чтобы получить эквивалентное сопротивление 150 миллиметрового куба того же самого бетона, необходимо применять поправочные коэффициенты, которые учитывают эти разрушения.

7.1.2 Выбор областей для выбуривания керна

7.1.2.1 Для оценки прочности бетона на сжатие «на месте» в предварительно изготовленной бетонной конструкции/элементе производится планирование областей измерений (выбуривание кернов). Таким образом, идентифицируется одно или несколько областей измерений, и в пределах каждой области выбираются несколько мест измерений. Выбор размера мест испытаний зависит от используемого метода. Количество результатов испытаний в области влияет на достоверность оценки.

7.1.2.2 Для оценки класса прочности на сжатие существующей конструкции, ее следует разделить на области измерений, где предполагается, что бетон принадлежит к тому же семейству, что отражает общее качество (например, объем залитого бетона за один раз, используемая технология литья, класс бетона и т. д.). Один уровень этажной структуры может быть такой же областью, как и перекрытие, если его заливка не выполнялась со значительными перерывами.

7.1.2.3 При оценке прочности на сжатие «на месте» необходимо учитывать тот факт, что самая низкая прочность бетона обычно находится вблизи поверхности конструктивного элемента, прочность увеличиваясь с увеличением глубины от поверхности.

7.1.2.4 В тех случаях, когда необходимо оценить несущую способность существующей конструкции, испытания должны быть сосредоточены на бетоне наиболее загруженных элементов/частей конструкции.

В этих случаях отбор образцов не должен отрицательно влиять на несущую способность конструкции.

7.1.2.5 При оценке типа или величины разрушения, области измерений должны быть сфокусированы на элементы/части с выявленными/ожидаемыми неблагоприятными поведением.

В этих случаях полезно сравнить результаты с результатами, полученными на образцах, отобранных из неповрежденных частей конструкции.

7.1.2.6 Перед установкой мест отбора кернов, следует принять во внимание возможные последствия этих действий на безопасность конструкции.

Выбор мест отбора кернов из элементов конструкции определяется проектировщиком работ / техническим экспертом.

7.1.2.7 При выборе мест отбора кернов следует учитывать следующее:

- a) расположение в областях, представляющих интерес для контроля качества бетона;
- b) избежание, насколько это возможно, отбора кернов по стержням арматур;
- c) удаление от зон, где могут находиться арматуры (эти зоны могут быть установлены на основе проекта и могут быть проверены неразрушающими измерениями, электромагнитными методами);
- d) расположение на оси симметрии или как можно ближе к ней места извлечения, у вертикальных элементов (колон);
- e) размещение в областях с низким уровнем нагрузки бетона;
- f) наличие результатов предыдущих неразрушающих испытаний для проверки качества бетона, чтобы результаты неразрушающих измерений были характерны для бетона в исследуемом элементе.

7.1.2.8 Керны, извлеченные из областей с локальными (видимыми) дефектами, могут использоваться только для уточнения формы и глубины изучаемого дефекта. Керны со значительной неоднородностью в сечении или с трещинами не могут быть использованы для определения прочности бетона в элементе.

7.1.3 Точность испытаний и количество кернов

7.1.3.1 Общие положения

Прочность на сжатие керна (далее – прочность керна) (точность испытания) зависит от факторов, обусловленных характеристиками бетона, и факторов, обусловленных переменными испытания, включая размеры кернов.

Некоторые из вышеперечисленных факторов влияния должны быть приняты во внимание при оценке результатов испытаний.

7.1.3.2 Свойства бетона

7.1.3.2.1 Влагосодержание

Влагосодержание в выбуренных кернах влияют на измеренную прочность на сжатие. Прочность на сжатие водонасыщенного выбуренного керна на 10 %-15 % ниже, чем прочность на сжатие выбуренного керна, высушенного на воздухе; в большинстве случаев это значение составляет от 8 % до 12 %.

7.1.3.2.2 Пористость

С увеличением пористости прочность на сжатие уменьшается. Увеличение пористости на 1 % снижает прочность на сжатие на 5 %-8 %.

7.1.3.2.3 Направление приложения испытательной нагрузки относительно направления бетонирования

Измеренная прочность на сжатие вертикально выбуренного керна в направлении бетонирования, в зависимости от стабильности свежеприготовленного бетона, может превышать прочность на сжатие горизонтально выбуренного керна из этого же бетона. Разница составляет обычно от 0 % до 8%.

7.1.3.2.4 Пустоты

Пустоты в выбуренных кернах могут появиться в результате различных причин. К ним относятся, например, скопления воды под пластинчатыми зернами крупного заполнителя или под горизонтальной арматурой, местное расслоение смеси. Надежность оценки прочности на сжатие таких выбуренных кернов и их способность отражать общую прочность на сжатие бетона «на месте» в конструкции должны быть проанализированы отдельно.

7.1.3.3 Переменные, влияющие на результат испытаний

Для метода отбора кернов, точность испытаний зависит от соблюдения техники извлечения в отношении:

- а) обеспечения направления извлечения кернов строго перпендикулярно «атакующей поверхности» установкой по выбурированию бетонных кернов, чтобы керны не подвергались какой-либо деградации; чтобы обеспечить перпендикулярность направления выбурирования на поверхности, рекомендуется, провести соответствующее испытание установки по выбурированию бетонных кернов и ее закрепление в элемент конструкции;
- б) избегания, насколько это возможно, извлечения кернов на поверхности заливки бетона или вблизи нее; предпочтительнее извлекать керны из вертикальных опалубочных поверхностей, с центром керна на расстоянии не менее 15-20 см от залитой поверхности; в случае если такие поверхности недоступны, допускается проведение испытания на залитых поверхностях;
- с) обеспечения, в течение всего процесса бурения, надлежащего охлаждения алмазной коронки и бетона, чтобы избежать их чрезмерного разрушения при нагревании;
- д) запрещения использования коронок из карборунда независимо от степени их износа в бетонах, изготовленных из кварцевого заполнителя;
- е) обеспечения, в случае если толщина испытываемого элемента уменьшена (менее 30 см), извлечения керна по всей толщине элемента и его последующего фракционирования резанием (процедура обеспечивает лучший параллелизм торцевых поверхностей);

- f) если толщина испытуемого образца большая (более 30 см), необходимо отсоединить образец для испытаний снизу, с помощью рычага или клина в канаве керна. В то же время необходимо проследить получение торцевых поверхностей с минимальными выпуклостями (менее 2 см);
- g) не допускаются для испытаний керны, которые содержат продольные или наклонные арматуры менее 45° от оси керна;
- h) обеспечения транспортировки и перемещения от места извлечения, к месту хранения и испытаний в условиях, препятствующих ухудшению качества керна.

7.1.3.4 Переменные, влияющие на результат испытаний кернов

7.1.3.4.1 Диаметр выбуренного керна

Диаметр выбуренного керна влияет на измеренную прочность на сжатие и размах вариации значений. Прочность на сжатие выбуренного керна, отобранного в горизонтальном направлении, диаметр и высота которого равны 100 мм ($l/d = 1$), соответствует прочности на сжатие стандартных кубических образцов с ребром 150 мм.

Для выбуренных кернов диаметром менее 100 мм и $l/d = 1$ размах вариации значений прочности на сжатие, как правило, больше. Поэтому при испытаниях выбуренных кернов диаметром 50 мм целесообразно применять в три раза больше выбуренных кернов, чем при испытаниях выбуренных кернов диаметром 100 мм; для выбуренных кернов диаметром от 100 до 50 мм необходимо применять линейную интерполяцию. Размах вариации значений измеренной прочности на сжатие увеличивается с уменьшением отношения диаметра к максимальному размеру зерен.

При испытаниях выбуренных кернов диаметром менее 50 мм (микрокернов) требуется применение дополнительных мер, не описанных в настоящем Кодексе.

7.1.3.4.2 Отношение длина/диаметр

Отношение длина/диаметр в выбуренных кернах влияет на измеренную прочность на сжатие. Прочность на сжатие уменьшается при отношении $l/d > 1$ и увеличивается при $l/d < 1$. Данный фактор обусловлен в основном ограничением деформаций испытываемого образца пластинами испытательной машины.

7.1.3.4.3 Плоскостность торцевых поверхностей

Отклонения от плоскостности торцевых поверхностей снижают измеряемую прочность на сжатие. Допустимое отклонение от плоскостности должно быть таким же, как для стандартных испытуемых образцов, в соответствии с требованиями SM EN 12390-1.

7.1.3.4.4 Выравнивающий слой на торцевых поверхностях

Выравнивающий слой с более низкой прочностью снижает прочность на сжатие образца в целом. Тонкие слои высокопрочного раствора или высокопрочной пасты из серы не оказывают существенного влияния на прочность на сжатие. Рекомендуется выравнивать торцевые поверхности шлифованием.

7.1.3.4.5 Влияние параметров процесса отбора кернов

Работы по выбуриванию кернов для бетона в раннем возрасте или для бетона с низкой прочностью могут оказывать негативное воздействие, которое в обычных условиях выявить невозможно.

Выбуренный керн в виде цилиндра может иметь невысокую прочность на сжатие, поскольку поверхность выбуренного керна содержит отделившиеся части зерен заполнителя, которые удерживаются только посредством адгезии матрицы на поверхности. Такие частицы, как правило, незначительно влияют на прочность на сжатие выбуренного керна.

7.1.3.4.6 Арматура

Выбуренные керны, применяемые для измерения прочности на сжатие бетона, не должны содержать стержней арматуры. Если этого невозможно избежать, следует учитывать, что

измеренная прочность на сжатие выбуренного керна с содержанием арматуры (кроме случаев расположения стержня в направлении продольной оси) занижена. Выбуренные керны с арматурой, расположенной по продольной оси или вблизи ее, не допускаются для испытаний по прочности на сжатие.

7.1.3.5 Количество кернов

Выбор количества извлеченных кернов основывается на следующих критериях:

- a) цель изучения (оценка существующих бетонных конструкций, определение качества бетона в новых конструкциях, в случае если есть сомнения в качестве, несоответствии бетона на заводах и т. д.). Для существующих конструкций количество образцов будет определяться экспертом, а в случае новых конструкций проектировщиком/экспертом; рекомендуется, чтобы количество образцов было, по крайней мере, равным количеству образцов, рекомендованному для отбора проб на участке заливки бетона*;
- b) количество исследованных структурных элементов;
- c) местные различия в качестве бетона от одного элемента к другому, а также внутри одного и того же элемента;
- d) степень и способ нагрузки элемента;
- e) степень причиненного ущерба;
- f) диаметр кернов;
- g) способ оценки прочности бетона с помощью испытания кернов (независимый метод, соотношение с косвенными методами).

*При выборе количества кернов, извлеченных из конструкции, следует учитывать необходимость расчета прочности бетона, которая характеризует специфическую отдельную зону (совокупность) конструкции (например, множество кернов, которые, в зависимости от обстоятельств, характеризуют либо одинаковый класс бетона, либо элемент того же типа, либо данный уровень конструкции).

Дополнительные аспекты по выбору количества кернов приведены в 8.1.2.

7.1.4 Размеры кернов

7.1.4.1 Диаметр d извлекаемых кернов зависит от следующих элементов:

- a) максимальный размер заполнителя;
- b) минимальное расстояние между арматурами в зоне извлечения;
- c) внутренний диаметр режущих зубьев коронки;
- d) запас прочности или уровень нагрузки в зоне извлечения.

7.1.4.2 Рекомендуется, чтобы диаметр керна составлял $d = 100$ мм. Когда керны такого диаметра не могут быть извлечены (например, из-за плотности армирования или когда невозможно получить соотношения между высотой керна и диаметром более 1, допускаются и керны меньшего диаметра (смотри 7.1.3.4).

7.1.4.3 Рекомендуется, чтобы диаметр керна был как минимум в 3 раза больше максимального размера агрегата $\Phi_{\max.\text{agr}}$, но в любом случае не менее $2 \Phi_{\max.\text{agr}}$.

$$d \geq 3 \Phi_{\max.\text{agr}} \quad (7.1)$$

Относительно расстояния между арматурами a (в см), в зоне извлечения, рекомендуется соблюдать соотношение:

$$d \leq a - \Phi_{\text{arm}} - 2 t_{\text{cut}} - 3 \quad (7.2)$$

где,

Φ_{arm} — диаметр арматуры в зоне извлечения, в см;

t_{cut} — толщина алмазной коронки режущих зубьев, при помощи которой выбуривается керн, в см;

7.1.4.4 Принимая во внимание максимально допустимое ослабление сечения испытываемого элемента, следует учитывать, что, как правило, керны не извлекаются на всю глубину элемента, и при дальнейшем заполнении отверстия, полученного в результате бурения, можно добиться только частичного восстановления ослабленного сечения.

7.1.4.5 Рекомендуется чтобы длина керна, испытываемого разрушающим методом (в см), была равна не менее диаметра и, в любом случае, значениям между:

$$d \leq l \leq 2d \quad (7.3)$$

7.1.5 Подготовка кернов перед испытанием

7.1.5.1 После того, как керны были извлечены с помощью установки по выбуриванию, они вытираются от воды, а влажную поверхность из-за водяного охлаждения бетона во время извлечения оставляют для высыхания не более одного часа после извлечения. После этого, керны помещают в пластиковые пакеты или в неабсорбирующие контейнеры, чтобы не снижать влажность бетона и выдерживаются при температуре окружающей среды, вдали от прямых солнечных лучей.

7.1.5.2 Керны доставляются в лабораторию как можно скорее. Если влажность бетона кернов должна быть такой же, как и у бетона в конструкции, тогда керны должны храниться в полиэтиленовых пакетах до тех пор, пока они не будут обработаны на концах (торцах), чтобы период удаления из пластиковых пакетов до испытания не превышал 2 часа.

7.1.5.3 Если во время обработки торцов кернов используется вода, тогда эти операции должны быть выполнены как можно скорее и не позднее, чем через 2 дня после извлечения кернов.

7.1.5.4 После обработки кернов, соблюдая требования SM SR EN 12504-1 (смотри Примечания от 7.1.5.5), образцы вытираются, оставляются для высыхания и помещаются в пластиковые пакеты. Необходимо минимизировать время воздействия воды при обработке кернов. Керны оставляются в полиэтиленовых пакетах не менее 5 дней после последнего контакта с водой, если в программе испытаний не указано иное. Если образцы не хранятся в пакетах, а в лабораторных условиях не менее 3 дней, они считаются высушенными на воздухе.

7.1.5.5 В случае если необходимо испытать керны в условиях насыщения влагой, тогда они должны храниться в воде не менее 48 часов при температуре 20 ± 2 °C до начала испытания.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 - Получение параллельных торцевых поверхностей, параллельных друг другу и перпендикулярных образующей, в соответствии с SM SR EN 12390-3, и соблюдение допусков, указанных в SM EN 12390-1, являются основными условиями правильности испытания. Когда торцевые поверхности являются плоскими и параллельными после операции резки (опалубочные поверхности бетона), прочности, полученные во время испытания кернов, являются максимальными, поскольку при механической обработке торцевых поверхностей не происходит разрушения бетонной поверхности. Если торцевые поверхности не получаются плоскими и перпендикулярными образующей после резки, существуют следующие возможности для обработки поверхности:

- a) полировка торцевых поверхностей;
- b) резка поверхности/поверхностей торцов;
- c) обработка торцевых поверхностей связующим материалом для достижения плоской поверхности, перпендикулярной образующей.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 - Полировка торцевых поверхностей выполняется с использованием абразивных материалов с электромеханическим приводом. Во время полировки рекомендуется охлаждение водой бетона и диска для резки. Допускаются для полировки, керны с максимальными неровностями в 2 - 3 мм. Резка кернов производится электрической пилой, снабженной алмазными лезвиями, под струей охлаждающей воды.

ПРИМЕЧАНИЕ 3 - Заполняющий слой, используемый для выравнивания торцевых поверхностей, должен иметь следующие характеристики:

- a) хорошая адгезия к бетону, таким образом чтобы разрыв образца происходил вне зоны склеивания;
- b) модуль упругости близкий к модулю бетона;
- c) прочность на сжатие близкое к испытываемому бетону;
- d) высокая скорость твердения;
- e) максимальная толщина 1 см.

ПРИМЕЧАНИЕ 4 - Рекомендуется использовать следующие слои для выравнивания:

- a) эпоксидный раствор;
- b) цементный раствор;
- c) серная паста.

ПРИМЕЧАНИЕ 5 - Если в качестве выравнивающего слоя используется цементный раствор, рекомендуется хранить керны в воде не менее 24 часов до нанесения раствора выравнивания и еще 48 часов до испытания, начиная с одного дня после нанесения слоя нивелирования. И в этом случае следует также учитывать влияние влаги на полученную прочность.

7.1.6. Аппаратура и методика испытаний. Определение прочности на сжатие

7.1.6.1 Испытание на сжатие проводится в соответствии с SM SR EN 12390-3, с использованием машины для испытания на сжатие в соответствии с SM SR EN 12390-4.

7.1.6.2 Для каждого образца (керна) прочность на сжатие определяют путем деления максимальной силы F на площадь сечения керна A_{car} , рассчитанной на основе среднего диаметра $f_{car} = F_{car}/A_{car}$, и выражают результаты при ближайшем значении 0,5 МПа (Н/мм²).

7.1.6.3 Прочность, полученная прямым испытанием керна на прессе для сжатия, не отражает прочность бетона на сжатие в конструкции, определяемую как прочность куба с ребром 150 мм, изготовленного из того же бетона, что и бетон в конструкции, и выдержанного в стандартных условиях или условиях, аналогичных условиям конструкции.

7.1.6.4 Если отношение высоты к диаметру керна равно 2, результаты можно сравнить с цилиндрической прочностью, а если отношение равно 1, результаты можно сравнить с кубической прочностью.

7.1.6.5 Определение прочности «на месте» в определенном элементе f_{is} , соответственно эквивалентность с прочностью, полученную на образцах в форме куба с ребром 150 мм, производится по соотношению:

$$f_{is} = a \times b \times c \times e \times g \times f_{car} \quad (7.4)$$

где:

a – коэффициент коррекции, учитывающий влияние диаметра керна (Таблица 4);

b – коэффициент коррекции, учитывающий отношение h/d между высотой и диаметром керна (Таблица 5);

c – коэффициент коррекции, учитывающий влияние деградированного слоя (Таблица 6);

e – коэффициент коррекции, учитывающий влияние природы слоя, добавляемого для обработки поверхности торцов (Таблица 7);

g – коэффициент учитывающий влажность (Таблица 8);

$$f_{car} = F_{car}/A_{car}$$

где:

f_{car} – прочность кернов на сжатие, в МПа или Н/мм²;

F_{car} – максимальное усилие при разрушении, в Н;

A_{car} – поперечное сечение образца в мм².

Таблица 4 - Значения коэффициента a

d (см)	5	10	15
a	1,06	1,00	0,98

Таблица 5 - Значения коэффициента b

h/d	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00
b	1,00	1,09	1,19	1,22	1,25

Таблица 6 - Значения коэффициента c

Способ получения торцевой поверхности керна	c
Прямо из заливки бетона без механической обработки	1,00
Поперечная резка по одной поверхности	1,05
Вырыв из глубины после выбуривания	1,05
Поперечная резка по обеим поверхностям	1,06

Таблица 7 - Значения коэффициента e

Природа выравнивающего слоя	e
Бетонные поверхности полученные в результате заливки бетона в опалубку	1,00
Эпоксидный раствор	1,00
Цементный раствор	1,07
Серная паста	1,08

Таблица 8 - Значения коэффициента g

Влажность керна (смотри 7.1.5)	g
Керн высушенный на воздухе	0,96
Керн с влажностью, равной с влажностью бетона в элементе	1,00
Керн выдержанный в воде в течение 48 часов	1,09

ПРИМЕЧАНИЕ 1 – В случае если бетонные керны испытываются в возрасте, отличном от 28 дней и необходимо вывести прочность соответствующую 28 дням, необходимо применить поправочные коэффициенты которые зависят от типа цемента и скорости его твердения. Коэффициенты коррекции h представляют собой субъективные единицы при возрасте бетона более 28 дней, и их значения должны учитывать более высокую способность роста во времени прочностей цементов с добавками, особенно со шлаком.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 – В возрасте бетона старше 1-го года, примерно можно считать следующие значения коэффициентов h :

- a) 0,9 - для цементов без добавок;
- b) 0,85 - для цементов с добавками менее 20 %;
- c) 0,80 - для цементов с добавками более 21 %.

ПРИМЕЧАНИЕ 3 - В случае более низкого возраста бетона, коэффициенты коррекции определяются на основе данных от производителя бетона, который в соответствии с положениями СР Н.04.04, должен определить скорость твердения бетона (отношение между прочностью на сжатие к 2 дням и 28 дням соответственно).

ПРИМЕЧАНИЕ 4 – В случае если керны содержат один или несколько стержней арматур, перпендикулярных их оси, тогда к значению f_{is} , рассчитанного в соответствии с отношением (7.4), необходимо применить коэффициент, который можно рассчитать следующим образом:

$$h = 1,0 + (1,5 \sum \Phi_{arm} d_r/d \times l) \quad (7.5)$$

где:

Φ_{arm} – диаметр арматуры;

d_r – расстояние от оси стержня арматуры до ближайшего конца керна;

d - диаметр керна;

l - высота керна.

7.1.6.6 Метод обработки результатов, полученных с использованием этого метода испытаний для оценки прочности бетона, представлен в Главе 8.

7.2 Метод определения скорости ультразвукового импульса

7.2.1 Общие положения

7.2.1.1 Испытания, проводимые с использованием ультразвукового метода, являются неразрушающими и проводятся в соответствии с SM SR EN 12504-4.

7.2.1.2 Метод основан на измерении времени распространения ультразвуковых импульсов в бетоне между двумя преобразователями (передатчик и приемник).

Из этого измерения можно заключить что, как правило, на первом этапе определяют продольную скорость распространения ультразвука в бетоне и впоследствии, прочность бетона с учетом его состава. Корреляция между скоростью ультразвука и прочностью бетона должна быть произведена только для конкретной бетонной смеси. В случае бетона с неизвестным составом оценка прочности, основанная исключительно на скорости ультразвука, не рекомендуется.

7.2.1.3 В ультразвуковом методе, правильно питаемый передатчик генерирует ультразвуковые импульсы, которые распространяются через бетон. Ультразвуковой приемник фиксирует эти импульсы и превращает их в электрический сигнал.

Электронный блок позволяет измерить время распространения, прошедшее между временем передачи и моментом приема импульса.

7.2.1.4 В зависимости от расположения преобразователей на бетонной поверхности, различают следующие методы испытаний:

- a) прямой метод прозвучивания, когда передатчик и приемник коаксиально расположены на двух противоположных сторонах элемента (Рисунок 2);
- b) полупрямой (диагональный) метод прозвучивания, когда передатчик и приемник расположены на разных, но неаксиальных бетонных сторонах (Рисунок 3);
- c) не прямой или поверхностный метод прозвучивания, когда передатчик и приемник расположены на одной поверхности элемента (Рисунок 4).

Для определения прочности бетона по методам, указанным в Главе 8, рекомендуется применять метод прямого прозвучивания, в соответствии с a).



Рисунок 2 – Техника прямой ультразвуковой передачи, когда передатчик и приемник коаксиально расположены на двух противоположных сторонах бетонного элемента

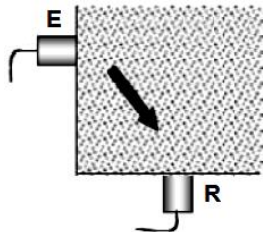


Рисунок 3 – Техника ультразвуковой полупрямой (диагональной) передачи, когда передатчик и приемник расположены на разных сторонах бетонного элемента, но неаксиально

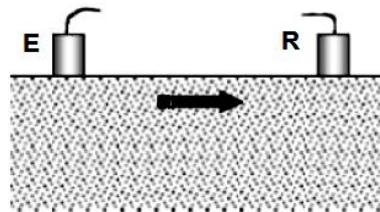


Рисунок 4 – Техника поверхностной (непрямой) передачи - когда передатчик и приемник расположены на одной поверхности бетонного элемента

7.2.2 Область применения

7.2.2.1 Настоящий Кодекс устанавливает правила проведения измерений специфическим оборудованием (бетоноскоп) и интерпретации результатов испытаний, выполненных ультразвуковым методом для определения прочности бетона, только в сочетании с другими разрушающими или разрушающими методами.

7.2.2.2 Использование ультразвукового импульсного метода показано при:

- а) контроле качества бетона, особенно когда он залит в массивные элементы или имеет явные или скрытые дефекты;
- б) отслеживании твердения бетона, особенно на начальных этапах этого процесса, когда происходят значительные изменения скорости распространения импульса;
- с) определении структурных деградаций бетона во время нагрузок или агрессивных физических, или химических воздействий;
- д) определении степени уплотнения бетона в при производстве работ;
- е) испытании элементов, у которых существует возможность систематического различия между качеством бетона в поверхностном слое и в глубине.

7.2.2.3 Применение ультразвукового импульсного метода противопоказано в следующих случаях:

- а) в зонах с большой плотностью арматурных стержней, особенно когда они ориентированы параллельно направлению распространения передатчик-приемник;
- б) при определении прочности бетона на участках, где присутствуют структурные деградации;
- с) когда совершенно не известен состав бетона;
- д) для бетонов с высокими дозировками цемента ($> 400 \text{ кг/м}^3$).

7.2.2.4 Скорость продольного распространения импульса V_L рассчитывается по соотношению:

$$V_L = L/T \text{ (Km/s)} \quad (7.6)$$

где:

L – расстояние передатчик-приемник по прямой линии (длина пути), в мм;

T – время, необходимое для прохождения импульсом длины пути, в μs .

Для того чтобы измеренная скорость была строго продольной скоростью распространения в бесконечной среде, все размеры образца (a, b, c) должны удовлетворять зависимости:

$$a, b, c \geq 2 \lambda \quad (7.7)$$

где:

λ - длина волны ультразвука:

$$\lambda = V_L/n \quad (7.8)$$

где:

n – частота используемых колебаний.

7.2.2.5 Погрешностью, которая делается при определении продольной скорости в случае строгого невыполнения условия, можно пренебречь до предела,

$$a, b, c \geq 1,2 \lambda \quad (7.9)$$

после чего применяемые исправления становятся слишком важными, чтобы ими пренебрегать.

В случае если один размер элемента является поперечным к направлению распространения, тогда проверяется соотношение:

$$b \text{ или } c \leq \lambda \quad (7.10)$$

Измеряемая скорость представляет собой продольную скорость в плитах V_p соотнесенная, для бетона, с продольной скоростью в бесконечных средах V_L зависимостью:

$$V_p \cong 0,96 V_L \quad (7.11)$$

В случае если оба размера поперечного сечения элемента, проверяется соотношение:

$$b \text{ și } c \geq 0,2 \lambda \quad (7.12)$$

7.2.2.6 Измеряемая скорость, это скорость волн расширения V_D , соотнесенная для бетона, с продольной скоростью в бесконечных средах выраженная соотношением:

$$V_D \cong 0,9 V_L \quad (7.13)$$

7.2.2.7 В области, определяемой соотношениями (7.9) и (7.12), существует переходный режим, в котором измеренная скорость распространения зависит от соотношения между поперечными размерами образца и длиной волны импульса ультразвука.

7.2.2.8 Скорость распространения, измеренная техникой поверхностной (непрямой) передачи, на залитой бетонной поверхности, обычно на 4 – 6 % ниже, чем скорость прямой передачи, измеренная на боковых опалубочных поверхностях, из-за особых свойств слоя вблизи залитой поверхности.

7.2.3 Выбор областей измерений и количество испытаний

7.2.3.1 Выбор элементов для испытания выполняется проектировщиком или экспертом, в зависимости от типа железобетонной конструкции.

7.2.3.2 Количество сечений, исследованных на каждом элементе, зависит от цели неразрушающего контроля. Таким образом, для выборочного контроля прочности бетона в элементах требуются минимум 3 сечения, расположенных в зонах максимальной нагрузки элемента и, насколько это возможно, распределенных вдоль него.

7.2.3.3 Количество контрольных точек в сечении зависит от размера его стороны и количества доступных граней для испытания.

В общем, для выборочного контроля прочности бетона его число варьирует от 3 до 6. При применении комбинированного неразрушающего метода для оценки характерной прочности бетона из элементов требуется минимум 15 точек измерения.

7.2.3.3.1 В случае испытания образцов, число контрольных точек должно составлять не менее 3, для кубов с ребром 150 мм и для цилиндров 150 × 300 мм.

Необходимо избегать выбора контрольных точек на залитой поверхности и даже на противоположной стороне. Предпочтительнее проводить испытания на боковых опалубочных сторонах элемента.

Также необходимо избегать выбора направления испытания, параллельного направлению основного армирующего усиления, а также расположения испытательных точек в зонах с высокими концентрациями стержней арматур, независимо от их ориентации.

7.2.3.3.2 Минимальное расстояние контрольных точек относительно краев элемента должно составлять 10 - 12 см. В случае испытания образцов контрольные точки будут располагаться на их оси (на равном расстоянии от краев).

7.2.3.3.3 Бетонная поверхность на которую прилагается датчик должна быть идеально ровной, без шероховатостей и посторонних включений, включая пыль. Для этой цели рекомендуется обработать бетонные поверхности шлифованием карборундовым камнем и продувкой поверхности после окончания обработки, чтобы удалить пыль.

Поверхность обработанного бетона должна выходить за пределы поверхности датчика.

7.2.3.4 Минимальное расстояние между точками эмиссии и приема измерения, используемого для определения прочности бетона, должно удовлетворять следующим условиям:

$$a) L \geq 2 \lambda \quad (7.14)$$

где:

λ - длина волны используемого ультразвука.

Для бетоноскопов с датчиками в 50 кГц у обычных бетонов, соотношение (7.14) предполагает промежуток между ними около 16 см.

$$b) L \geq 6 \Phi_{\max.\text{agr.}} \quad (7.15)$$

где:

$\Phi_{\max.\text{agr.}}$ - максимальный размер заполнителя, используемого при приготовлении бетона.

Минимальный размер нормального элемента в направлении испытания должен соответствовать условию:

$$c) a \geq 2 \lambda \quad (7.16)$$

чтобы измеренная скорость распространения соответствовала продольной скорости. Для бетоноскопов с датчиками в 50 кГц у обычных бетонов, соотношение (7.16) предполагает промежуток около 16 см.

Если один из размеров поперечного сечения элемента удовлетворяет условию (7.16), а другой размер условию:

$$d) b \geq \lambda \text{ (для 50 кГц, около 8 см)} \quad (7.17)$$

тогда можно допустить, с допустимой погрешностью в 1,5 – 2 %, что измеренная скорость соответствует скорости продольных волн.

Если оба поперечных размера удовлетворяют условию (7.17), но не удовлетворяют условию (7.16), можно предположить с погрешностью в 3 %, что измеренная скорость равна скорости продольных волн.

7.2.3.5 При осмотре монолитных колон целесообразно выполнить испытания по обеим сторонам колоны из поперечного сечения.

Необходимо избегать проведения испытаний напротив хомутов. Для этой цели может использоваться либо метод пахометра для определения местоположения хомутов, либо визуальная идентификация в сочетании с данными проекта (расстояние между хомутами) или только с данными проекта, из которых можно выбрать расстояние между сечениями h_s , определенное как кратная дробь расстояния из проекта между хомутами следующим образом:

$$h_s = (5/4)h_e \quad (7.18)$$

что гарантирует, что по крайней мере 3 из 4 сечения расположены вне хомутов.

Результаты испытаний, выполненных напротив хомутов, не считаются достоверными, особенно в краевых точках сечения.

7.2.3.6 Трассировка и маркировка испытательных мест должна выполняться с помощью соответствующих инструментов для достижения точности трассировки ± 1 см.

Для этого, как правило, достаточно следующих распространенных инструментов: уровень, отвес, угольник, метр и инструменты для маркировки. При трассировке бетонных элементов большой серии, например, произведенных промышленным способом на железобетонных заводах, могут использоваться шаблоны.

7.2.4 Аппаратура и методика испытаний. Определение прочности на сжатие

7.2.4.1 Рекомендуется чтобы ультразвуковые устройства, используемые для неразрушающего определения прочности бетона на сжатие, имели датчики собственной частоты преобразователя сигнала в диапазоне от 20 до 100 кГц. Низкие частоты 10 кГц, а также высокие 200 кГц могут использоваться только в исключительных случаях. Высокочастотные преобразователи сигнала (60 - 200) кГц используются для элементов малой толщины (менее 50 мм), а низкочастотные преобразователи сигнала (10 - 40) кГц для элементов большей толщины (до 15 м).

В большинстве случаев применяют преобразователи сигнала с частотой от 40 до 60 кГц.

Кроме этих ограничений, вклад физической и геометрической дисперсии, в результат измерения может быть очень важным. В случае питания устройства от сети, аппараты должны выдерживать

колебания напряжения не менее чем плюс 10 % и минус 15 %. В случае питания от батареи, аппарат должен обеспечить минимальное время работы не менее 4 часа.

Прибор должен измерять время прохождения импульса по калибровочной шкале с предельным отклонением ± 1 мкс или с точностью не менее 2 %.

Приборы измерения пространства должны обеспечивать его точность измерений следующим образом:

- a) $\pm 0,5$ % в лабораторных условиях, на образцах;
- b) ± 1 % в условиях стройки «на месте», на строительных элементах.

Устройство должно иметь средства проверки измерения времени распространения. Для этой цели наиболее часто используется система, в которой используется калибровка или калибровочный стержень.

Устранение времени распространения, соответствующего распространению между преобразователями, производится путем непосредственного контактного измерения (в прямом контакте передатчик-приемник). Некоторые устройства имеют возможность устранения этого времени с самого начала, в то время как другие требуют его извлечения из каждого измерения.

Все испытательное оборудование должно поддерживать свои характеристики в следующих условиях:

- температура от минус 10 °C до плюс 45 °C;
- влажность до 90 %.

7.2.4.2 Методика испытаний предполагает нанесение слоя контактного средства на поверхность преобразователей. Соединительный слой должен наноситься с минимальной толщиной, необходимый для полного удаления воздуха между преобразователем и бетоном, или он может наноситься в избытке, но в этом случае он должен быть достаточно жидким, чтобы удалить избыток, прижимая преобразователь к бетону.

Контактные средства, рекомендуемые для бетона, в зависимости от шероховатости поверхности: техническая смазка, силиконовая смазка, жидкое мыло и пластилин.

Перед началом измерений, включая настройку нуля, аппарат должен быть на некоторое время включен, чтобы войти в режим термостабилизации. Установка нуля должна производиться при амплитуде сигнала, сравнимой с той, которая впоследствии будет использоваться для конкретных испытаний бетона. Регулировка выполняется путем непосредственного контакта двух преобразователей (передатчик и приемник). Измерение времени распространения импульса в бетоне предполагает следующие этапы:

- a) приложение преобразователей, предусмотренных с контактным средством, на выравненную и очищенную поверхность бетона в маркированных зонах, и их выдерживание в жестком контакте с бетоном при минимальном усилии, полученном при ручном приложении порядка 10 кгс;
- b) усиление принимаемого сигнала до амплитуды, позволяющей четко определить момент прихода сигнала, порядка 2,5-3 см;
- c) измерение времени распространения, прошедшего между временем создания и моментом приема акустического сигнала, путем совпадения со стандартным сигналом, с моментом прибытия акустического сигнала (Рисунок 5).

Некоторые измерения, связанные с определением упруго-динамических постоянных материала, требуют дополнительного усиления принимаемого сигнала до максимальной амплитуды, допускаемой устройством без появления фонового шума, мешающего проведению измерения (Рисунок 6).

Такие измерения приводят к значениям, в среднем на 1 – 3 % меньше, измеренного времени распространения. Они не рекомендуются при измерении определения прочности бетона, так как результат такого измерения зависит от длины импульсной траектории в бетоне.

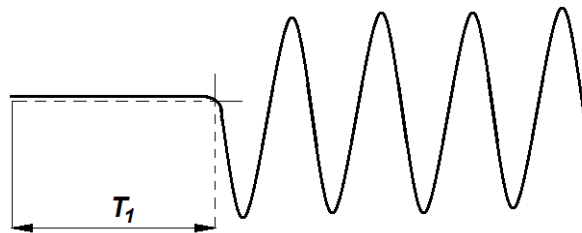


Рисунок 5 – Измерение времени при стандартной амплитуде

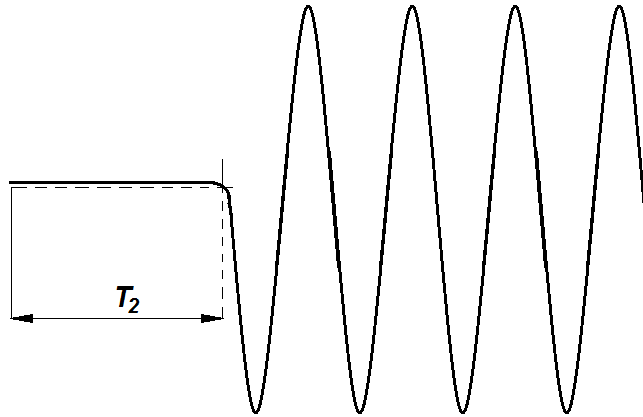


Рисунок 6 – Измерение времени при максимальной амплитуде

7.2.4.3 Влияние условий испытаний

На результаты измерения времени распространения ультразвуковых импульсов в бетоне могут влиять некоторые условия испытания, такие как: состояние поверхности бетона, влажность, температура бетона во время испытания, частота передаваемых продольных волн, размеры образцов и существующая арматура в элементах.

7.2.4.3.1 Испытания для оценки прочности бетона не производятся в местах с дефектами или поверхностными разрушениями бетона (пустоты, сегрегация, трещины и т. д.).

Чтобы уменьшить влияние шероховатости поверхности бетона, вводится слой контактного средства переменной толщины между датчиком и бетоном. Его влияние на результат измерения тем больше, чем больше шероховатость поверхности, скорость в контактном средстве меньше, скорость в бетоне выше и меньше расстояние передатчик-приемник.

Для уменьшения влияния контактного средства рекомендуется выполнить следующее: хорошая обработка поверхности; относительно большие расстояния (более 30 см) между преобразователями (передатчик-приемник); значительное и равномерно распределенное давление на датчик во время измерения; контактные средства, характеризующиеся высокими скоростями распространения/акустическими импедансами.

Выбор испытательных поверхностей (боковые опалубочные поверхности, нижние опалубочные поверхности или залитые поверхности элемента) приводит к различным скоростям распространения при измерениях.

Боковые поверхности строительных элементов являются наиболее однородными и наиболее показательными для качества бетона. В отличие от них, поверхность заливки бетона характеризуется более низкой скоростью распространения, вследствие эффекта поверхностного разделения слоя, обогащенного мелкими заполнителями и цементным молоком, под влиянием эффекта сегрегации. Следует, по возможности, избегать исследования этой поверхности при ультразвуковых испытаниях. Там, где это невозможно, должна быть обеспечена минимальная толщина бетона в 15 см в технике прямой или диагональной ультразвуковой передачи, а в технике поверхностной передачи - минимальная длина испытания 40 см.

Нижние поверхности занимают промежуточное положение между боковой и залитой поверхностями. Испытания для оценки прочности бетона не проводятся в местах с дефектами или повреждениями бетона (пустоты, сегрегация, трещины и т. д.).

7.2.4.3.2 Скорость ультразвука подвержена влиянию, с химической и физической точки зрения, влажностью бетона. Эти эффекты важны для оценки прочности бетона, между образцом кубической или цилиндрической формы, обработанного соответствующим образом, и тем же составом бетона элемента конструкции, что может быть важным отличием в скорости ультразвука. Эти различия обусловлены влиянием различных условий обработки бетона, которые вызывают разные уровни гидратации цемента и появления свободной воды в порах.

7.2.4.3.3 Измерения скорости распространения от плюс 10 °С до плюс 30 °С можно считать независимыми от температуры. За пределами этого диапазона нельзя пренебрегать влиянием температуры на измерение и, в зависимости от влажности бетона, рекомендуется применять поправки, приведенные в Таблице 9.

Поскольку, с ростом температуры скорость распространения уменьшается, а с понижением температуры, скорость распространения увеличивается, поправки направлены на отмену этого варьирования.

Таблица 9 - Температурная коррекция скорости распространения V_L

Температура, °С	Коррекция, %	
	Бетон высушенный на воздухе	Водонасыщенный бетон
+60	+5	+4
+40	+2	+1,7
+20	0	0
0	-0,5	-1
< -4	-1,5	-7,5

7.2.4.3.4 Длина траектории импульса влияет на результаты измерений на малых расстояниях, когда преобладает быстрое распространение вдоль крупных агрегатов, характеризующиеся высокими скоростями распространения.

Этого влияния можно избежать, путем значительного преодоления предела, представленного в формуле (7.15). Также, следует избегать измерений в ближних полях, на коротких расстояниях, в соответствии с соотношением (7.14).

Другое влияние длины траектории проявляется в области больших расстояний при использовании техники измерения на максимальной амплитуде. В этом случае, когда расстояние передатчик-приемник увеличивается, амплитуда принимаемого сигнала уменьшается, и, следовательно, его прибытие считывается позже.

Чтобы избежать этого недостатка, рекомендуются проведения измерений при постоянной, стандартизированной амплитуде. В этом случае, влияние поперечных размеров a и b образца остается довольно малым еще до предела:

$$a \text{ и } b \geq \lambda \text{ (для 50 кГц примерно 8 см)} \quad (7.19)$$

поэтому, если допущены погрешности скорости до 3 %, исправлениями можно пренебречь. Необходимо отметить, что погрешности, вызванные только этим фактором, приводят, однако, к ошибочным определениям прочности, вплоть до 12 %.

Если предел опускается ниже границы соотношения (7.19), тогда он входит в транзитную область между условиями распространения в бесконечной среде и в пластинах или стержнях.

Поскольку достижение идеальных условий для распространения в стержнях или пластинах предполагает:

$$a \text{ или } b \leq 0,2 \lambda \text{ (для 50 кГц примерно 8 см)} \quad (7.20)$$

в случае бетона это практически никогда не происходит. Единственное решение, которое требуется, это избежание верхней границы отношения (7.19).

Если минимальный размер образца меньше чем длина волны, режим распространения изменяется и измеренная скорость может отличаться.

В Таблице 10 показано влияние размеров образца на передачу ультразвука.

Таблица 10 – Влияние размеров образца на передачу ультразвука

Частота преобразователя сигнала, (кГц)	Скорость распространения импульса в бетоне, (км/с)		
	$v_c = 3,50$	$v_c = 4,00$	$v_c = 4,50$
	Рекомендуемый минимальный поперечный размер испытываемого образца, (мм)		
24	146	167	188
54	65	74	83
82	43	49	55
150	23	27	30

7.2.4.3.5 Собственная частота преобразователей оказывает два типа влияния: косвенное, путем изменения предела полученного из соотношения (7.19), в составе геометрической дисперсии и условий удаленного поля; другое - прямое из-за физического рассеяния.

Чтобы ограничить влияние физической дисперсии, в случае бетона, рекомендуется использовать частотный диапазон преобразователей в соответствии с 7.2.4.1.

Длина пути должна иметь минимальный размер, в зависимости от максимального размера агрегатов. Рекомендуется, чтобы минимальная длина пути составляла 100 мм для бетона с номинальным размером зерна заполнителя 20 мм и менее, и 150 мм для бетона с номинальным размером зерна заполнителя от 20 до 40 мм.

7.2.4.3.6 Скорость распространения, измеренная в бетоне, вблизи арматурных стержней, может зависеть от их существования, в результате частичного распространения импульса через арматуру. Это связано с более высокими скоростями распространения в арматуре, чем в бетоне (обычно на 1,2 - 1,8 выше).

Поперечные арматуры, в направлении измерения, являются наиболее частыми случаями при испытании на колоннах и балках.

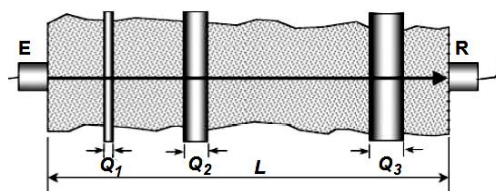


Рисунок 7 – Арматурные стержни, перпендикулярные направлению испытаний

В случае измерения, ориентированного относительно плоскости арматурных стержней, как показано на Рисунке 7, фактическая скорость распространения ультразвука в бетоне (V_B) получается в зависимости от вероятно измеренной скорости, без учета наличия арматуры (V) и определяется отношением:

$$V_B = V \frac{\left(1 - \frac{L_a}{L}\right)}{\left(1 - \frac{L_a L}{L V_a}\right)} \quad (7.21)$$

где:

V_a – скорость распространения ультразвука в арматурных стержнях;

$L_a = \sum \Phi_i$ – длина импульсного пути через арматуру;

L – расстояние передатчик-приемник.

Испытания показали, что формула (7.21), хотя теоретически верна, на практике не проверяется полностью. Причинами этих несоответствий являются: бетонный слой, окружающий встроенную арматуру, равнение стержней, эффект физического рассеивания и т.д. На основании

проведенных испытаний, значения поправочных коэффициентов k_T , которые используются для определения скорости распространения в бетоне c :

$$V_B = k_T V \quad (7.22)$$

где:

V_B – фактическая скорость распространения в бетоне;

V – измеренные скорости распространения, приведены в таблицах 11 - 13 для бетонов, характеризующихся различными скоростями распространения.

Таблица 11 - Значения k_T ($V_B = 3500$ м/с)

L_a/L	Φ_{arm} (мм)					
	6	10	16	20	25	32
0	1	1	1	1	1	1
0,10	1	1	1	0,99	0,98	0,97
0,25	1	1	1	0,97	0,96	0,95
0,50	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92

Таблица 12 - Значения k_T ($V_B = 4000$ м/с)

L_a/L	Φ_{arm} (мм)					
	6	10	16	20	25	32
0	1	1	1	1	1	1
0,10	1	1	1	1	0,99	0,95
0,25	1	1	1	1	0,98	0,96
0,50	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94

Таблица 13 - Значения k_T ($V_B = 4500$ м/с)

L_a/L	Φ_{arm} (мм)					
	6	10	16	20	25	32
0	1	1	1	1	1	1
0,10	1	1	1	1	-	0,99
0,25	1	1	1	1	-	0,98
0,50	1	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95

Для бетонов с промежуточными скоростями распространения значения необходимо интерполировать линейно. Следует отметить, что эти значения всегда ближе к единице, чем те, которые предусмотрены теоретическим соотношением (7.21), а значительные поправки происходят только от стержней диаметром более 20 мм и для совмещенных траекторий в арматуре, превышающей 1/4 от суммарного пути импульса.

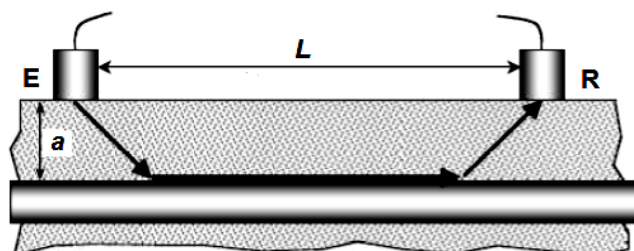


Рисунок 8 а) – Схема распространения для стержня арматуры, параллельного направлению испытания, в технике поверхностной (непрямой) ультразвуковой передачи

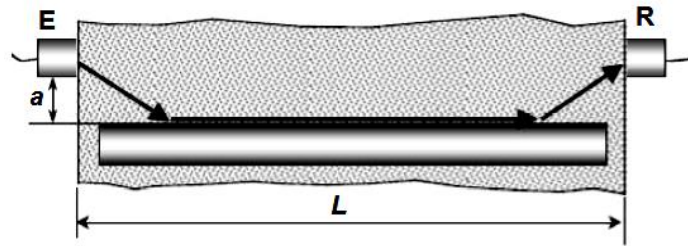


Рисунок 8 б) – Схема распространения для стержня арматуры, параллельного направлению испытания, в технике прямой ультразвуковой передачи

Арматура, параллельная направлению распространения импульса, влияет на результат измерения только в том случае, если расстояние a между линией передатчик-приемник и осью стержня арматуры (Рисунок 8 а) и б)) удовлетворяет условию:

$$\frac{a}{L} < \frac{1}{2} \sqrt{\frac{V_a - V_B}{V_a + V_B}} \quad (7.23)$$

где:

L – расстояние передатчик-приемник;

V_a – скорость распространения импульса в арматуре;

V_B – скорость распространения в бетоне.

В случае если арматура оказывает влияние на результат измерения, фактическая скорость распространения в бетоне V_B рассчитывается по соотношению:

$$V_B = k_L V \quad (7.24)$$

где:

k_L – поправочный коэффициент из-за влияния продольной арматуры;

V_B – измеренная скорость распространения ультразвуковых импульсов.

Значения поправочного коэффициента k_L для бетонов, характеризующихся различными скоростями распространения, приведены в таблицах 14-16, для бетонов, характеризующихся промежуточными скоростями, должны интерполироваться линейно.

Поправки незначительны для больших значений расстояния, как правило, $0,2L$.

Таблица 14 - Значения k_L ($V_B = 3500$ м/с)

a/L	Φ_{arm} (мм)					
	6	10	16	20	25	32
0	0,69	0,68	0,66	0,64	0,63	0,61
0,05	0,76	0,75	0,73	0,72	0,70	0,69
0,10	0,83	0,82	0,80	0,79	0,78	0,77
0,15	0,91	0,90	0,88	0,87	0,86	0,85
0,20	0,98	0,97	0,95	0,94	0,93	0,93
0,25	1	1	1	1	1	1

Таблица 15 - Значения k_L ($V_B = 4000$ м/с)

a/L	Φ_{arm} (мм)					
	6	10	16	20	25	32
0	0,80	0,77	0,75	0,73	0,71	0,69
0,05	0,86	0,84	0,82	0,80	0,78	0,76
0,10	0,92	0,91	0,89	0,87	0,85	0,83
0,15	0,98	0,97	0,96	0,95	0,93	0,91
0,20	1	1	1	1	0,99	0,98

Таблица 16 - Значения k_L ($V_B = 4500$ м/с)

a/L	Φ_{arm} (мм)					
	6	10	16	20	25	32
0	0,89	0,87	0,84	0,82	0,80	0,78
0,05	0,93	0,92	0,90	0,88	0,86	0,84
0,10	0,98	0,97	0,96	0,94	0,92	0,90
0,15	1	1	1	0,99	0,98	0,97
0,20	1	1	1	1	1	1
0,25	1	1	1	1	1	1

Для элементов армированных по двум или трем направлениям, если испытания проводятся в одном из направлений армирования, обычно преобладающим является влияние продольного армирования относительно направления распространения, и это необходимо рассчитать.

Для плит, армированных по двум направлениям, рекомендуется использовать направление испытания поверхностным методом на 45° относительно этих двух прямоугольных направлений армирования. Минимальное расстояние от точки пересечения диагоналей до первой точки измерения должно составлять не менее 30 см, а расстояние между другими точками - 10 см. В этом случае для бетонов, характеризующихся продольными скоростями распространения выше 3 700 м/с, армирование не влияет на результат измерения.

7.2.4.4 Метод обработки результатов, полученных с использованием этого простого метода испытаний для оценки прочности бетона, представлен в Главе 8.

Применение ультразвукового метода для оценки прочности бетона на сжатие в существующих конструкциях будет осуществляться только в сочетании с другими неразрушающими косвенными методами (комбинированный неразрушающий метод) или коррелированными с методом керна.

7.3 Метод определения величины отскока

7.3.1 Общие положения

7.3.1.1 Испытания, проводимые с использованием метода поверхностной твердости, являются неразрушающими и проводятся в соответствии с SM EN 12504-2.

7.3.1.2 Данный метод основан на определении величины отскока от воздействия подвижного тела, вследствие удара на поверхность бетона в испытуемом объекте. Величина отскока является показателем поверхностной твердости бетона и может использоваться для оценки однородности бетона, определения границ областей или поверхностей низкого качества или их повреждений.

7.3.2 Область применения

7.3.2.1 Настоящий Кодекс устанавливает правила проведения измерений с использованием специального оборудования (склерометра) и интерпретации результатов испытаний, проводимых с помощью испытания поверхностной твердости, для определения прочности бетона только в сочетании с другими неразрушающими или разрушающими методами.

Полученная информация относится, в основном, к качеству бетона в первых 2-3 см от его поверхности.

7.3.2.2 Метод противопоказан для исследования:

- a) элементов, в которых качество бетона в поверхностном слое отличается от качества глубоких слоев (элементы, подверженные агрессивным химическим/физическим поверхностным воздействиям, многослойные элементы и т. д.);
- b) элементов, содержащих внутренние/поверхностные дефекты в этих областях;
- c) элементов, у которых возраст бетона превышает 6 месяцев, где существует чувствительная разница между твердостью поверхностного карбонизированного слоя бетона и твердостью глубоких слоев;
- d) бетонов, изготовленных с дозировкой цемента ниже 200 кг/м³;

- е) тонких элементов, с высокой гибкостью ($b < 10$ см), у которых часть падающей энергии может быть передана элементу, под видом энергии деформации при изгибе;
- ф) массивных элементов ($b > 100$ см), в которых нельзя оценить качество всего элемента на основе оценки качества поверхностного слоя толщиной 2 см;
- г) элементов, которые имеют доступ только к заливной поверхности бетона и где нет возможности удалить слой толщиной не менее 10 мм, чтобы получить поверхность без шероховатостей для испытания;
- h) элементов, которые находятся в атмосфере, которая влияет на их поверхностную твердость (например, атмосфера насыщенная CO_2);
- и) элементов из макропористого бетона (с открытой структурой поверхности).

7.3.2.3 Преимуществами использования метода поверхностной твердости являются: простота испытаний, низкая стоимость оборудования, энергосбережение, скорость испытаний.

7.3.3 Выбор областей измерений и их количество

7.3.3.1 Строительные элементы и области их измерений устанавливаются проектировщиком или экспертом, в зависимости от ситуации.

7.3.3.2 Выбор областей для измерений на элементе производится в соответствии со следующими рекомендациями:

- а) избегание заливной лицевой поверхности и, если возможно, противоположной поверхности;
- б) избегание зон с поверхностными дефектами (макропористые участки, трещины, стыки);
- с) избегание зон, где находятся арматуры, особенно когда они находятся близко к бетонной поверхности ($d < 3$ см);
- д) избегание зон, прилегающих к краям элемента;
- е) избегание зон, где есть включения посторонних тел (щепки от опалубки, земля, пыль и т. д.).

7.3.3.3 Область для испытаний имеет площадь поверхности от 200 до 400 см² (между 14 × 14 см и 20 × 20 см).

7.3.4 Аппаратура и методика испытаний. Определение прочности на сжатие

7.3.4.1 Аппаратура испытаний представлена склерометрами разных типов и размеров, в зависимости от класса прочности испытываемого бетона (Рисунок 9). Каждый тип и размер склерометра следует использовать только для бетона, класс прочности которого соответствует предполагаемому использованию.

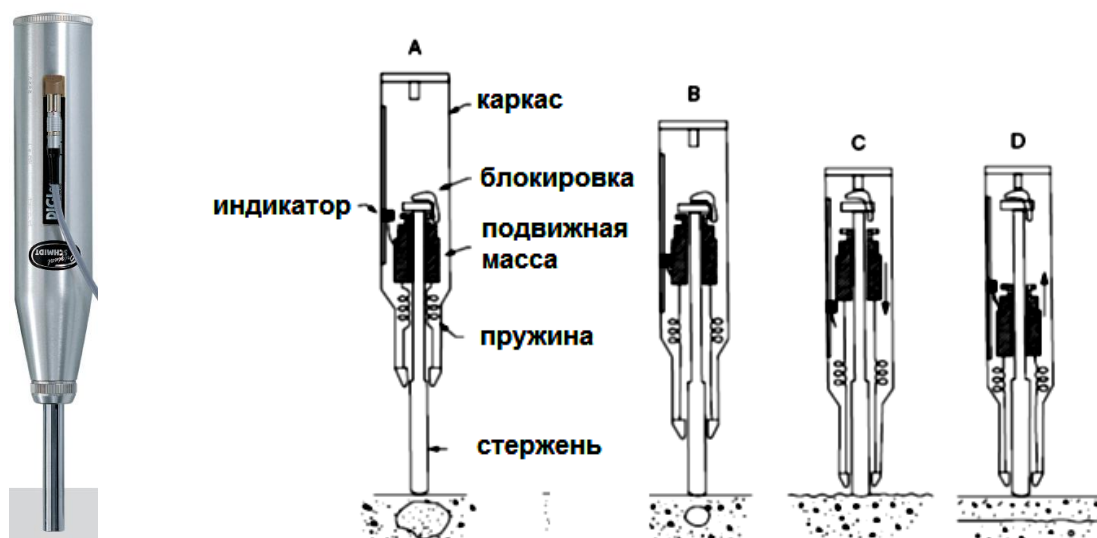


Рисунок 9 – Склерометр с отскоком для испытания поверхностной твердости и основные рабочие фазы устройства

Принцип работы устройства следующий: под действием пружинной системы подвижное тело ударяет посредством ударного стержня поверхность бетона. После удара тело представляет собой отскок, который влечет курсор, указывающий размер отскока на градуированной шкале.

7.3.4.2 Перед испытаниями на поверхности бетона необходимо провести контрольные испытания и записать показания с помощью стальной опорной пяты и убедиться, что полученные результаты находятся в пределах диапазона, рекомендованного изготовителем. В противном случае склерометр очищается и/или регулируется.

Стальная опорная пята для проверки склерометра характеризуется следующими показателями: минимальная твердость 52 HRC; масса (16 ± 1) кг; диаметр 150 мм.

После каждых минимум 2 000 ударов или в соответствии с инструкциями производителя, рекомендуется очистить и поддерживать склерометр в надлежащем порядке. Особое внимание следует уделять поддержанию одинакового коэффициента трения на скользящей поверхности курсор-стержень по курсору.

7.3.4.3 Подготовка области для измерения состоит из:

- a) удаления корки цементного молока, сепарированного при уплотнении бетона;
- b) удаления существующих шероховатостей на поверхности бетона с целью обеспечения надлежащей степени гладкости;
- c) выявления видимых/скрытых пор под коркой цементного молока, для их избегания;
- d) выявления потенциальных крупных заполнителей, обнаруженных на поверхности, для их избегания.

7.3.4.4 Подготовка испытываемой поверхности осуществляется трением камнем с высокой твердостью (карборунд). Толщина удаляемого слоя должна быть не менее 1 мм. После шлифования поверхность очищается от пыли продувкой.

7.3.4.5 Количество ударов, нанесенных в установленной зоне, будет выбрано таким образом, чтобы было получено не менее 9 достоверных результатов.

7.3.4.6 Минимальное расстояние между контрольными точками одной и той же зоны составляет 25 мм. Минимальное расстояние между контрольными точками и краем элемента составляет 50 мм.

Для установления контрольных точек наносится сеть однородных линий от 25 мм до 50 мм, на пересечениях которых расположены контрольные точки для испытаний. После проведения испытаний, изучается каждый отпечаток, оставленный на поверхности после контакта и, если будет обнаружено, что он пробил/перфорировал поверхность вблизи воздушной пустоты, результат не принимается во внимание.

7.3.4.7 Элементы, которые имеют различные условия твердения на двух противоположных сторонах, будут испытаны с обеих сторон.

7.3.4.8 Рекомендуется выбирать области для измерений на лицевых поверхностях элемента.

7.3.4.9 Склерометр должен использоваться в соответствии с рекомендациями по эксплуатации указанные производителем (позиционирование на поверхности испытываемого элемента, заряджение/запуск/считывание прибора).

7.3.4.10 Склерометр должен использоваться не менее трех раз, прежде чем читать серию результатов.

7.3.4.11 Склерометр следует использовать при температуре от плюс 10 °C до 35 °C.

7.3.4.12 Испытания на поверхностях, отличных от вертикальных, требуют угловых поправок в соответствии со спецификациями производителя.

Для склерометров типа N могут быть использованы данные, представленные в Таблице 17 и на Рисунке 10 для различных конфигураций a) ... f) поверхностей испытываемых элементов.

Таблица 17 – Угловые поправки

α/N	Снизу вверх		Сверху вниз	
	+90°	+45°	-90°	-45°
10	-	-	2,7	3,5
20	-5,4	-3,5	2,5	3,4
30	-4,7	-3,1	2,3	3,1
40	-3,9	-2,6	2,0	2,7
50	-3,1	-2,1	1,6	2,2
60	-2,3	-1,6	1,3	1,7

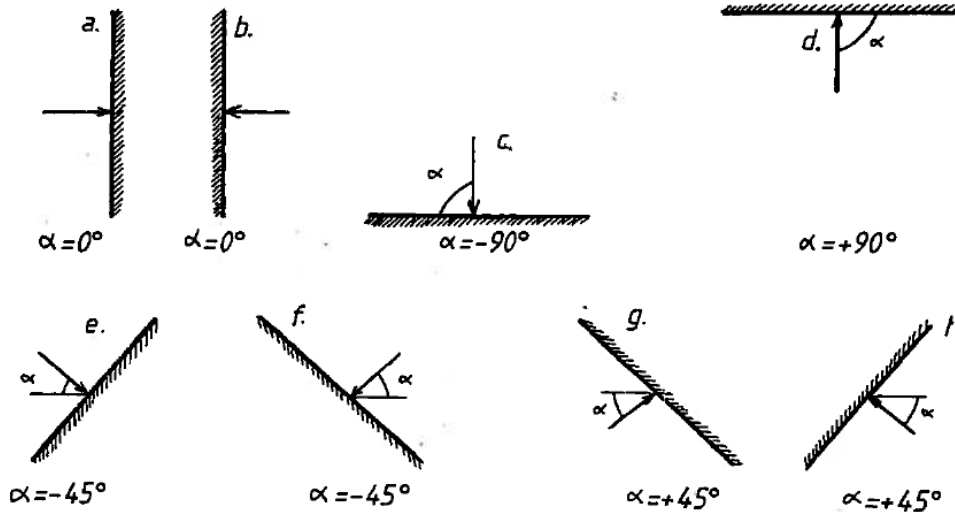


Рисунок 10 – Знак углов α

7.3.4.13 После выполнения испытаний, проводится чтение показаний с использованием стальной опорной пяты, регистрируются и сравниваются со значениями, считанными перед испытанием. Если результаты отличаются, склерометр очищается и/или регулируется и испытания повторяются.

7.3.4.14 Результат испытания принимается как среднеарифметическое значение всех показаний, возможно с поправками, чтобы учесть угол ориентации склерометра в соответствии с инструкциями, предписанными производителем и выражается в виде целого числа. Если более 20 % всех показаний на испытываемой поверхности отличаются от среднеарифметического значения, более чем на шесть единиц, весь набор показаний не будет учитываться. Если используется несколько приборов, рекомендуется провести достаточное количество испытаний на аналогичных бетонных поверхностях, чтобы определить колебание полученных результатов.

Измерения, проведенные в определенной области, представляют собой множество, диапазон которого рассчитывается в соответствии с соотношением:

$$\Delta N = N_{\max} - N_{\min} \quad (7.25)$$

Если этот интервал удовлетворяет неравенство:

$$\Delta N \leq 5 \text{ div} \quad (7.26)$$

тогда все испытания могут считаться действительными и могут быть введены в расчет среднего значения по зоне.

Если интервал:

$$\Delta N > 5 \text{ div} \quad (7.27)$$

и менее 20 % от общих показаний на области измерений отличаются от среднеарифметического значения более чем на шесть единиц, требуется выборочная обработка.

Первым этапом в этом процессе является проверка того, что ни одно испытание не было проведено напротив какой-либо пустоты в бетоне. Для этого, в составе упорядоченных испытаний, в порядке их величины в последовательности N_1, N_2, N_3 , рассчитывается интервал и проверяется неравенство:

$$N_3 - N_1 \leq 2 \quad (7.28)$$

которое, если удовлетворено, тогда можно быть фактически уверенным, что полученное минимальное значение является результатом испытания напротив пустоты в бетоне.

Если неравенство выполнено:

$$N_3 - N_1 > 3 \quad (7.29)$$

тогда почти наверняка минимальное значение N_1 является результатом испытания напротив пустоты и должно быть устранено.

Если условие (7.28) выполнено и $\Delta N > 5 \text{ div}$, то несомненно, что максимальные значения должны быть исключены, пока не будет достигнуто условие (7.26). Количество действительных значений, оставшихся в расчете среднего значения, должно быть не менее 9.

Средний показатель отскока по области измерений рассчитывается по формуле:

$$N = \frac{\sum_{i=1}^k N_i}{k} \quad (7.30)$$

Если испытания не проводились на вертикальных поверхностях, необходимо применить угловые поправки, в соответствии с 7.3.4.12. Значения округляются до одного деления.

7.3.4.15 Метод обработки результатов, полученных с использованием этого метода испытаний для оценки прочности бетона, представлен в Главе 8.

Поскольку оценка прочности бетона, с использованием этого простого метода не рекомендуется, применение метода поверхностной твердости для оценки прочности на сжатие в существующих конструкциях будет осуществляться только в сочетании с другими неразрушающими косвенными методами (комбинированный неразрушающий метод) или в сочетании с методом испытания кернов.

7.4 Испытание бетона комбинированным неразрушающим методом

7.4.1 Общие положения

Метод основан на связи, которая существует между комбинацией двух измеренных физических величин: продольной скорости ультразвука и величины отскока, с одной стороны, и прочности бетона на сжатие, с другой. Эта корреляция учитывает некоторые данные о составе испытуемого бетона.

7.4.2 Область применения

7.4.2.1 Неразрушающий комбинированный метод рекомендуется использовать в следующих случаях:

- а) определение прочности бетона в конструкциях и строительных элементах на строительных площадках или на железобетонных заводах;
- б) наблюдение за твердением бетона в нормальных, ускоренных или замедленных условиях.

Комбинированный неразрушающий метод имеет одинаковую эффективность при определении прочности бетона независимо от рассматриваемого класса.

7.4.2.2 Неразрушающий комбинированный метод не рекомендуется применять в следующих случаях:

- а) в местах с локальными дефектами от заливки бетона, скрытыми или явными (сегрегация, стыки, пустоты);
- б) в местах с трещинами или микротрещинами;
- с) в местах, где нет соответствия между качеством поверхности бетона и глубоким слоем (например, заливка в несколько слоев бетона с различными качествами, деградированные бетоны и т.д.);
- д) в местах, с большой плотностью армирования, особенно когда они параллельны направлению испытания ультразвуковым методом или очень близко к зоне, где проводится испытание склерометром методом поверхностной твердости;
- е) на расстоянии менее 6-8 см от края строительного элемента;
- ф) для бетонов менее класса С 2,8/3,5.

7.4.3 Выбор областей измерений и количество испытаний

7.4.3.1 Выбор строительных элементов и областей для измерений производится проектировщиком или экспертом, в зависимости от ситуации.

7.4.3.2 Для каждого испытываемого элемента должны быть выбраны не менее 3 различных сечений, должно быть не менее 3 пар ультразвуковых контрольных точек и область 20 × 20 см с минимум 9 контрольных точек склерометром. Результаты, полученные на одном сечении, отражают объем бетона между двумя сечениями, параллельными испытательному участку, расположенному в ±10 см от него. Для определения характеристической прочности бетона требуются минимум 15 точек измерения.

Если бетон по длине или высоте элемента оказывается неоднородным, количество испытательных сечений будет соответственно увеличено.

7.4.3.3 Выбор пар точек в сечении для ультразвукового контроля и обработки поверхности бетона в этих точках должен производиться в соответствии с 7.2.3.

7.4.3.4 Выбор зоны и контрольных точек в сечении для измерений склерометром, а также для обработки поверхности бетона в этих зонах должен быть сделан в соответствии с 7.3.3.

7.4.4 Аппаратура и методика испытаний. Определение прочности на сжатие

7.4.4.1 Испытательная аппаратура для комбинированного неразрушающего метода состоит из:

- а) прибора для измерения скорости распространения ультразвуковых импульсов в бетоне, представленного в 7.2.4;
- б) прибора для измерения поверхностной твердости бетона с помощью величины отскока.

Прибор для измерения скорости распространения ультразвуковых импульсов в бетоне должен соответствовать 7.2.4.

Прибором для определения поверхностной твердости бетона является склерометр в соответствии с положениями 7.3.4.

7.4.4.2 Время распространения T измеряется в соответствии с положениями 7.2.4.2.

Определение скорости продольного распространения импульса V_L производится по соотношению:

$$V_L = L/T \quad (7.31)$$

где:

L – расстояние между передатчиком и приемником, измеренное с точностью до 1 %.

Если L вводится в сантиметрах, а T в микросекундах, чтобы результат был выражен в м/с, его необходимо умножить на 10^4 .

Измерение величины отскока, включая применение угловых поправок, производится в соответствии с 7.3.

7.4.4.3 Как ультразвуковые, так и испытания склерометром не должны использовать залитую поверхность бетона в качестве испытательной поверхности.

7.4.4.4 Результат одного измерения склерометром или ультразвуком не может быть прямым элементом расчета в комбинированном методе.

Для ультразвуковых измерений расчетное значение обычно является средним по меньшей мере из 3 приближенных измерений, в одном и том же сечении, и измерения в одном сечении для характеристической прочности бетона в одном элементе, минимальное количество точек составляет 15.

Для измерений склерометром, расчетное значение является средним по меньшей мере из 9 измерений, представляющих одну и ту же зоны, которые соответствуют критериям 7.3.

7.4.4.5 Измерения скорости распространения ультразвука в бетоне и величины отскока корректируются в зависимости от результатов калибровочных испытаний на стержнях, стальных опорных пятах или других эталонных устройствах.

7.4.4.6 Проведение испытаний вне температурных диапазонов, указанных в 7.2 и 7.3, требует корректировки температуры для неразрушающих измерений, в соответствии с положениями настоящего Кодекса.

7.4.4.7 При применении комбинированного неразрушающего метода должны быть соблюдены все требования относящиеся к простым методам, таким как ультразвуковой метод и метод поверхностной твердости, представленные в 7.2 и 7.3.

7.4.4.8 Метод обработки результатов, полученных с использованием комбинированного неразрушающего метода испытаний для оценки прочности бетона, представлен в Главе 8.

7.5 Метод испытаний по определению усилия вырыва

7.5.1 Общие положения

7.5.1.1 Испытания, проводимые с использованием метода усилия вырыва, являются полуразрушающими испытаниями и проводятся в соответствии с SM EN 12504-3.

7.5.1.2 Метод основан на определении усилия вырыва из бетона металлического дискообразного закладного изделия со стержнем (Рисунок 11), устанавливаемого в бетонную смесь, или аналогичного изделия, помещаемого в бетон способом сверления.

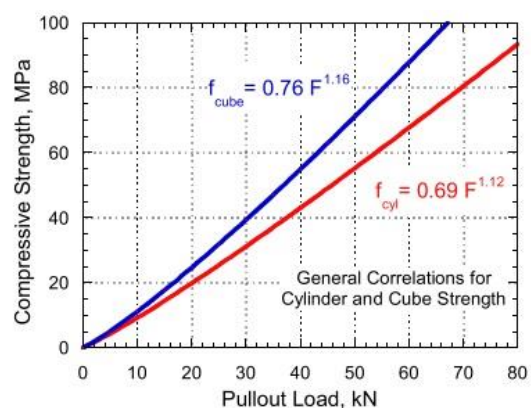
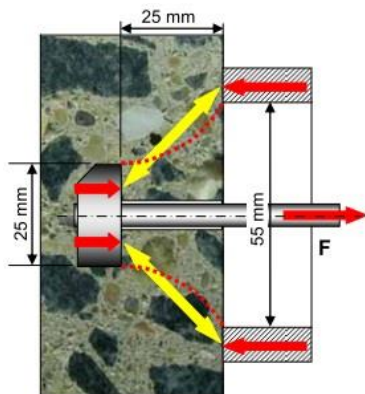


Рисунок 11 – Определение усилия вырыва металлического диска, центрированного на стержне

7.5.2 Область применения

В настоящем Кодексе изложены правила проведения измерений с использованием устройств для усилия вырыва из бетона и интерпретации результатов оценки прочности бетона на сжатие на основе определения этого усилия.

7.5.3 Аппаратура и методика испытаний. Определение прочности на сжатие

7.5.3.1 Испытательное оборудование состоит из диска диаметром $d_1 = 25 \pm 0,1$ мм, прикрепленного к стержню диаметром не более 0,6-кратного значения диаметра диска, и длины, измеренной от поверхности бетона до ближайшей поверхности диска, равной диаметру диска (Рисунок 11). Вырыв осуществляется с помощью опорного кольца для отрыва, закрепленного на поверхности бетона, центрированного с диском, имеющего диаметр $d_2 = 55 \pm 0,1$ мм.

Прочность бетона на сжатие определяется на основе усилия вырыва, рассчитанного по формуле:

$$f_P = \frac{F}{A} \quad (7.32)$$

где:

f_P – прочность при вырыве, МПа или Н/мм²;

F – усилие вырыва в Н;

A – площадь разрушения, в мм², которая рассчитывается по формуле:

$$A = 1/4 \pi (d_2 + d_1) \times [4h^2 + (d_2 - d_1)^2]^{1/2} \quad (7.33)$$

где:

d_1 – внутренний диаметр оголовка закладного изделия (диска) в мм (25 мм);

d_2 – внутренний диаметр опорного кольца в мм;

h – расстояние между оголовком закладного изделия и поверхностью бетона, равная диаметру диска в мм.

7.5.3.2 Метод усилия вырыва не может использоваться в качестве простого метода испытаний для оценки прочности бетона, но только как косвенный метод, связанный с методом испытаний кернов.

Метод обработки результатов, полученных с использованием этого метода испытаний для оценки прочности бетона, представлен в Главе 8.

8 Методы оценки прочности бетона

Оценка прочности бетона на сжатие в существующих конструкциях может быть выполнена, в основном, с использованием трех методов в соответствии со схемой, показанной на Рисунке 12:

- а) испытание кернов (8.1), в соответствии с SM SR EN 13791;
- б) косвенные методы, соотнесенные с испытанием кернов (8.2), в соответствии с SM SR EN 13791;
- в) комбинированные неразрушающие методы (8.4).

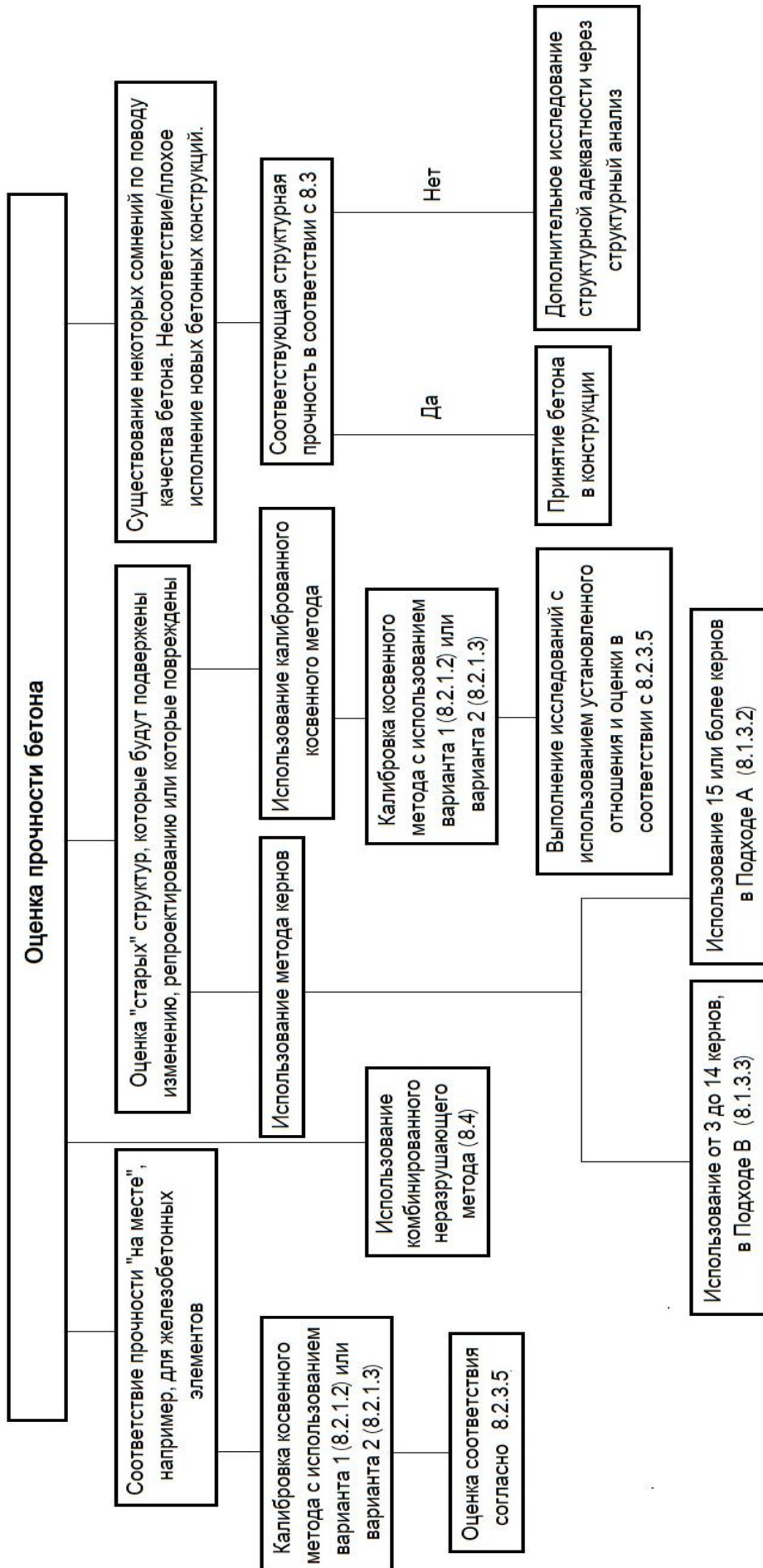


Рисунок 12 - Схема с методами оценки прочности бетона на сжатие в существующих конструкциях (SM SR EN 13791).

8.1 Оценка характеристического сопротивления на сжатие «на месте» с помощью испытания кернов

8.1.1 Образцы

Керны должны быть извлечены, исследованы и подготовлены в соответствии с SM SR EN 12504-1 и испытаны в соответствии с SM SR EN 12390-3. Керны должны храниться в лабораторных условиях не менее 3 дней до испытания, за исключением случаев когда это невозможно соблюсти. Если по практическим причинам, невозможно выдержать 3 дня хранения, регистрируется срок хранения и оценивается. Влияние этого отклонения от стандартизированной процедуры должно быть оценено.

Факторы, влияющие на прочность керна, представлены в 7.1.

8.1.2 Количество образцов для испытания

8.1.2.1 Количество кернов, которое должно быть извлечено из области измерений, должно определяться в соответствии с объемом рассматриваемого бетона и целью испытания кернов, в соответствии с 7.1.3.4. Каждая испытываемая позиция содержит по одному керну.

8.1.2.2 Для оценки прочности на сжатие «на месте», по статистическим соображениям и соображениям безопасности, рекомендуется использовать как можно больше кернов.

8.1.2.3 Оценка прочности на сжатие «на месте» для определенной области измерений должна основываться на результатах, полученных по крайней мере от 3 кернов.

8.1.2.4 В целях оценки прочности бетона с использованием метода кернов, необходимо учитывать все структурные последствия, вытекающие из их извлечения, в соответствии с SM SR EN 12504-1.

8.1.1 Подходы оценки прочности на сжатие «на месте»

8.1.3.1 Общие положения

Характеристическая прочность на сжатие «на месте» должно оцениваться с использованием подхода А, представленного в 8.1.3.2, или подхода В, представленного в 8.1.3.3.

Подход А применяется, когда доступны как минимум 15 кернов. Подход В применяется, когда доступны от 3 до 14 кернов. Применимость этих двух подходов к оценке прочности бетона в существующих конструкциях, о которых нет предварительных знаний, должна быть указана на месте использования.

8.1.3.2 Подход А

Расчетная характеристическая прочность на сжатие «на месте», для области измерений считается меньшее из двух значений:

$$f_{ck, is} = f_{m(n), is} - k_2 \times S \quad (8.1)$$

или

$$f_{ck, is} = f_{is, min} + 4 \quad (8.2)$$

где:

S – стандартное отклонение результатов испытаний или 2,0 Н/мм², принимается большее значение;

k_2 – принимается значение 1,48.

Класс бетона по прочности на сжатие определяют по Таблице 2, в зависимости от расчетной характеристической прочности «на месте» в конструкции.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 - При оценке характеристической прочности на сжатие по наименьшей прочности на сжатие выбуренного керна следует учитывать, что наименьшая прочность на сжатие выбуренного керна

соответствует наименьшей прочности на сжатие бетона оцениваемой несущей конструкции или сборного элемента.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 - Если распределение значений прочности на сжатие по результатам измерений представляет две генеральные совокупности, область измерений может быть разделена на две области.

8.1.3.3 Подход В

Расчетная характеристическая прочность на сжатие бетона «на месте» для области измерений считается меньшее из двух значений:

$$f_{ck, is} = f_{m(n), is} - k \quad (8.3)$$

или

$$f_{ck, is} = f_{is, min} + 4 \quad (8.4)$$

Значение разброса k зависит от количества результатов испытаний n и приведено в Таблице 18.

Таблица 18 – Разброс значений k связанный с небольшим количеством результатов испытаний

Количество результатов n	Коэффициент k
от 10 до 14	5
от 7 до 9	6
от 3 до 6	7

ПРИМЕЧАНИЕ – Вследствие погрешности, связанной с малым количеством результатов испытаний и необходимостью достижения одинаковой степени надежности, данный метод дает более низкие значения оценки характеристической прочности на сжатие, чем метод, базирующийся на большем количестве результатов испытаний. В случае, если полученные по данному методу значения оценки характеристической прочности на сжатие консервативны (дают заниженный результат), рекомендуется произвести отбор большего количества выбуренных кернов или применить комбинированный метод испытаний (смотри 8.4) для получения большего количества результатов испытаний. По этой причине данный метод не применяется в спорных случаях, которые касаются показателей качества бетона, базирующихся на результатах стандартных испытаний (более подробная информация по соответствующему методу приведена в 8.3).

8.2 Оценка характеристической прочности на сжатие «на месте» в конструкциях косвенными методами испытаний

8.2.1 Основные положения

8.2.1.1 Методы испытаний

Испытания косвенными методами являются альтернативой испытаниям выбуренных кернов для оценки прочности на сжатие бетона строительной конструкции в натурных условиях, а также могут применяться в качестве дополнительных методов при испытаниях ограниченного количества выбуренных кернов.

Косвенные методы характеризуются как ограниченно разрушающие или неразрушающие методы испытаний. После калибровки по результатам испытаний выбуренных кернов данные методы могут применяться как:

- отдельный метод;
- сочетание косвенных методов;
- сочетание косвенных и прямых методов (испытания выбуренных кернов).

При испытаниях косвенными методами определяют не непосредственно прочность на сжатие, а другие физические характеристики. Поэтому необходимо применять зависимость между результатами испытаний косвенными методами и прочностью на сжатие выбуренных кернов. Для оценки прочности на сжатие бетона «на месте» в конструкции применяются два альтернативных варианта, представленные в 8.2.1.2 и 8.2.1.3 (варианты 1 и 2).

8.2.1.2 Вариант 1 - Прямая корреляция с результатами испытаний на кервах

В 8.2.2 описаны методы, которые применяются на общей основе для оценки прочности на сжатие бетона «на месте» в конструкции, когда для испытываемого бетона составлена корреляционная зависимость между прочностью на сжатие бетона «на месте» в конструкции и результатом, полученным по данному косвенному методу.

Для варианта 1 необходимо не менее 18 результатов испытаний выбуренных кернов для определения зависимости между прочностью на сжатие и результатом, полученным измерением по данному косвенному методу.

8.2.1.3 Вариант 2 - Калибровка косвенных методов посредством испытаний выбуренных кернов для ограниченного диапазона значений прочности на сжатие с применением предварительно составленных зависимостей

В 8.2.3 описаны методы, применяемые для оценки прочности на сжатие бетона «на месте» в ограниченном диапазоне прочности на сжатие, которые основаны на предварительно составленной зависимости, то есть базовой кривой, а также на смещении данной кривой, определенной посредством испытаний выбуренных кернов. В качестве косвенных методов применяют испытания на упругий отскок (испытания склерометром), скорость прохождения ультразвукового импульса и на вырыв.

8.2.2 Корреляционная зависимость косвенных испытаний к прочности на сжатие бетона «на месте» в конструкциях (вариант 1)

8.2.2.1 Область применения

Положения 8.2.2 распространяются на косвенные методы испытаний для оценки прочности на сжатие бетона «на месте» в конструкции, если составлена корреляционная зависимость для прочности на сжатие на основе испытаний выбуренных кернов.

8.2.2.2 Методы испытаний

Испытательное оборудование, методы испытаний и представление результатов испытаний должны соответствовать SM SR EN 12504-1 для испытаний на кервах, SM EN 12504-2, SM EN 12504-3 и SM SR EN 12504-4, для измерения коэффициента отскока, усилия вырыва и скорости ультразвукового импульса соответственно.

8.2.2.3 Составление зависимости между результатами испытаний косвенными методами и прочностью на сжатие бетона «на месте» в конструкции

Для определения корреляционной зависимости между прочностью на сжатие бетона «на месте» в конструкции и результатами испытаний косвенными методами должна быть составлена подробная программа испытаний.

Зависимость должна основываться на не менее чем 18 парах результатов, то есть необходимо получить 18 результатов испытаний выбуренных кернов и 18 результатов испытаний косвенными методами, которые относятся к одной области измерений конструкции.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 - Пара результатов состоит из одного результата испытаний выбуренного керна и одного результата испытаний косвенным методом в одном месте измерения.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 - Данное количество результатов является минимальным; для составления зависимости в большинстве случаев предпочтительным является наличие большего количества результатов.

Составление градуировочной зависимости включает следующие этапы:

а) определение переходной (градуировочной) прямой или кривой посредством регрессионного анализа на основе пары результатов, полученных при выполнении программы испытаний. Результат испытаний косвенным методом рассматривается как переменная, а оцениваемое значение прочности на сжатие бетона «на месте» в конструкции - как функция этой переменной.

ПРИМЕЧАНИЕ 3 - Данные, применяемые для определения переходной (градуировочной) прямой или кривой должны быть равномерно распределены в пределах, заданных этими данными.

- б) расчет стандартной погрешности оцениваемого значения и определение доверительных интервалов для переходной (градуировочной) прямой или кривой, а также пределов допусков для отдельных результатов;
- с) определение зависимости как десятичного процентиля прочности на сжатие.

ПРИМЕЧАНИЕ 4 - Зависимость, применяемая при оценке прочности на сжатие, дает уровень надежности, при котором ожидается, что 90 % значений прочности на сжатие превышают оцениваемое значение.

8.2.2.4 Оценка прочности на сжатие «на месте» в конструкции

Из составленной зависимости оценивается прочность на сжатие бетона «на месте» в конструкции f_{is} .

При прямой оценке прочности на сжатие бетона в конструкции данную зависимость допускается применять только для бетона и условий, для которых данная зависимость составлена. Зависимость может применяться только для области измерений, к которой относятся результаты испытаний.

Для оценки характеристической прочности на сжатие бетона «на месте» в конструкции действуют следующие условия:

- а) оценка каждой области измерений должна основываться на измерениях не менее чем 15 мест измерений;
- б) стандартное отклонение должно соответствовать расчетному значению или равняться 3 Н/мм^2 , при этом принимается большее значение.

Характеристической прочностью на сжатие бетона «на месте» для области измерений считается наименьшее из двух значений:

$$f_{ck,is} = f_{m(n),is} - 1,48 \times s \quad (8.5)$$

или

$$f_{ck,is} = f_{is,min} + 4 \quad (8.6)$$

s - стандартное отклонение результатов испытаний.

8.2.3 Применение зависимости, определенной по испытаниям ограниченного количества выбуренных кернов и базовой кривой (вариант 2)

8.2.3.1 Общие положения

Для оценки прочности на сжатие бетона в конструкции проводят испытания на упругий отскок, скорость прохождения ультразвукового импульса и испытания на вырыв, дополненные базовой кривой со смещением на соответствующий уровень, определенной посредством испытаний выбуренных кернов. Данная процедура применяется только для оценки прочности тяжелого бетона, изготовленного из одинаковых составляющих и по одной технологии.

Из генеральной совокупности выбирают область измерений, и не менее девяти пар результатов испытаний (результаты испытаний выбуренных кернов и косвенных испытаний в одном и том же месте измерений) применяется для определения значения смещения Δf . Это значение соответствует смещению базовой кривой, которая необходима для составления зависимости между результатами косвенных испытаний и прочностью на сжатие бетона «на месте» в конструкции.

Затем для оценки прочности на сжатие бетона «на месте» в конструкции проводят косвенные испытания бетона. Составленную зависимость применяют для оценки прочности на сжатие и рассчитывают характеристическую прочность на сжатие «на месте».

8.2.3.2 Методы испытаний

Испытательное оборудование, методы испытаний и представление результатов испытаний должны соответствовать требованиям SM SR EN 12504-1, SM EN 12504-2, SM EN 12504-3 и SM SR EN 12504-4, в зависимости от конкретного случая.

8.2.3.3 Проведение испытаний

Для составления зависимости между результатами испытаний косвенным методом и прочностью на сжатие бетона в конструкции применяется следующая процедура:

- выбирают область испытаний минимум с девятью местами измерений;
- для каждого места измерений определяют коэффициент отскока (метод поверхностной твердости) в соответствии с SM EN 12504-2, испытание на усилие вырыва (метод глубокого вырыва) в соответствии с SM EN 12504-3 и скорость ультразвукового импульса, в соответствии с SM SR EN 12504-4, в зависимости от обстоятельств;
- в каждом месте измерений отбирают и испытывают выбуренные керны, в соответствии с SM SR EN 12504-1;
- согласно принципу, представленному на Рисунке 13, прочность выбуренных кернов «на месте» (ось y) отмечают над результатами косвенных испытаний на графиках, соответствующих рисункам 14 – 16;
- для каждого места измерений определяют разность между измеренным значением прочности на сжатие «на месте» выбуренного керна и значением на базовой кривой, т.е. $\delta f = f_{is} - f_R$, v или F ;
- рассчитывают среднее значение $\delta f_{m(n)}$ для n результатов испытаний и стандартное отклонение S ;
- рассчитывают значение смещения базовой кривой Δf , по формуле:

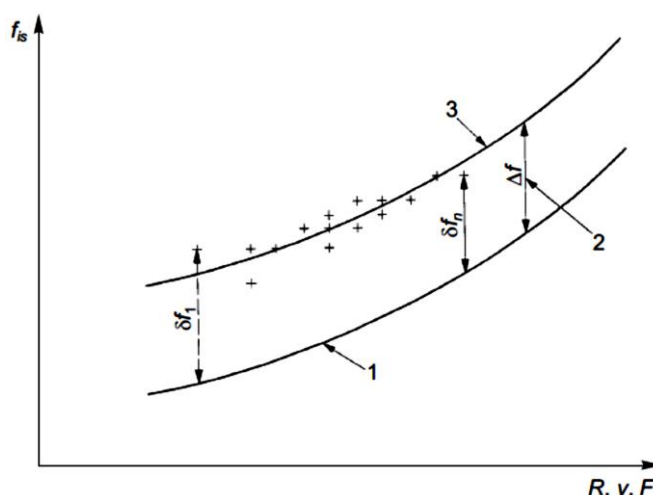
$$\Delta f = \delta f_{m(n)} - k_1 \times S$$

где:

k_1 – берется из Таблицы 19.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 – Базовая кривая специально приведена на таком уровне, на оси y , чтобы смещение постоянно было положительным.

h) базовую кривую смещают на значение Δf , для того, чтобы получить зависимость между результатами косвенных испытаний и прочностью на сжатие «на месте» испытываемого бетона.



Спецификация:

1 - базовая кривая;

$\delta f_1 \dots n$ - разность между отдельным результатом испытаний выбуренного керна и значением прочности на сжатие в соответствии с базовой кривой;

2 - Δf смещение базовой кривой;

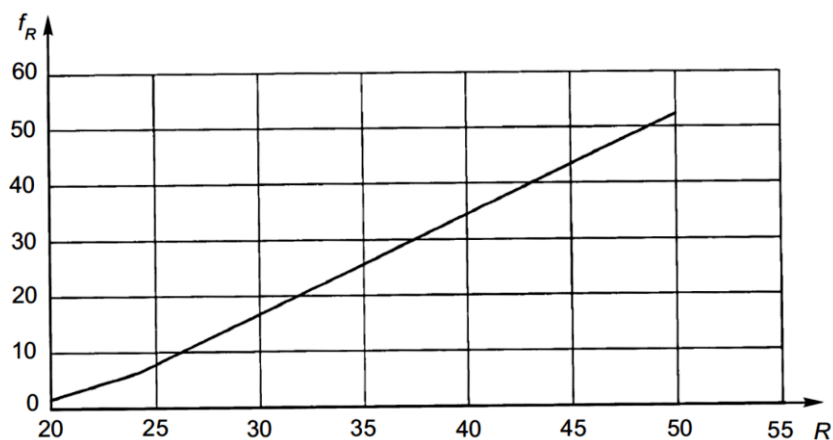
3 - зависимость между результатами косвенных испытаний и прочностью на сжатие «на месте» испытываемого бетона;

R - коэффициент отскока согласно SM EN 12504-2;

F - усилие вырыва согласно SM EN 12504-3;

ν - скорость ультразвукового импульса согласно SM SR EN 12504-4.

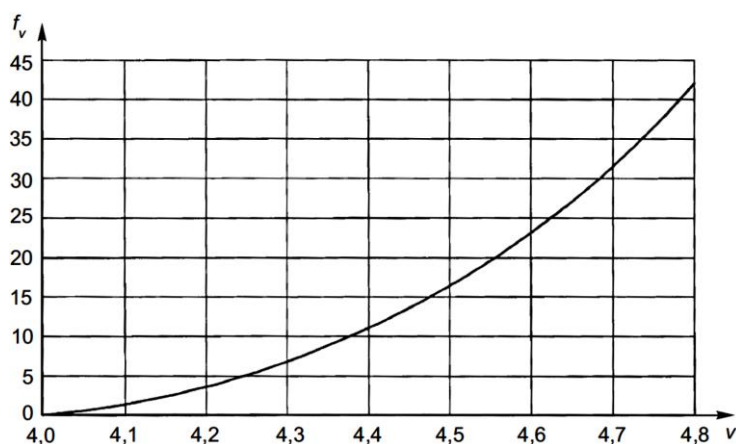
Рисунок 13 – Принцип определения зависимости между результатами испытаний косвенными методами и прочностью на сжатие «на месте» выбуренных кернов (SM SR EN 13791)



Спецификация:

R - коэффициент отскока определяемый согласно SM EN 12504-2.

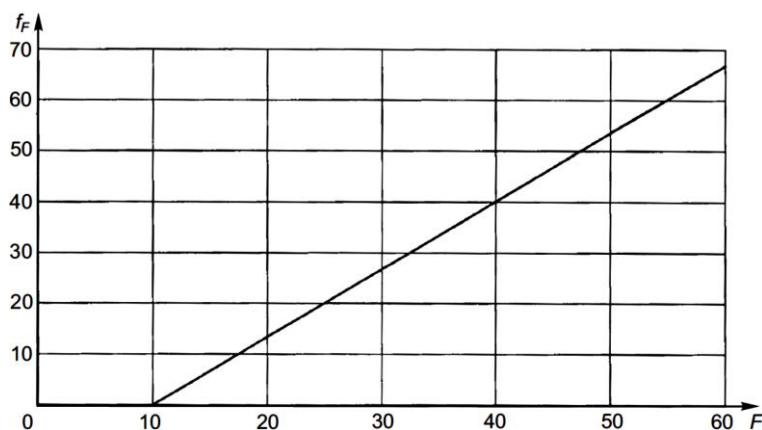
Рисунок 14 - Базовая кривая для испытаний на упругий отскок (SM SR EN 13791)



Спецификация:

ν - скорость ультразвукового импульса, в км/с, согласно SM SR EN12504-4.

Рисунок 15 - Базовая кривая для испытаний на скорость ультразвукового импульса (SM SR EN 13791)



Спецификация:

F - усилие вырыва в H согласно SM EN12504-3

**Рисунок 16 - Базовая кривая для испытаний на усилие вырыва
(SM SR EN 13791)**

ПРИМЕЧАНИЕ 2 - Базовые кривые на рисунках 14, 15 и 16 (их увеличенные копии) могут применяться для графических расчетов.

Для численных расчетов применяют следующие математические функции кривых:

а) Рисунок 14 - на упругий отскок (в результате испытания склерометром) измеренный методом поверхностной твердости:

$$f_R = 1,25 \times R - 23 \quad 20 \leq R \leq 24$$

$$f_R = 1,73 \times R - 34,5 \quad 24 \leq R \leq 50$$

б) Рисунок 15 - на скорость ультразвукового импульса, измеренная ультразвуковым методом:

$$f_V = 62,5 \times v^2 - 497,5 \times v + 990 \quad 4 \leq v \leq 4,8$$

с) Рисунок 16 - на усилие вырыва, измеренное методом вырыва с раскалыванием:

$$f_F = 1,33 \times (F - 10) \quad 10 \leq F \leq 60$$

Таблица 19 - Коэффициент k_1 в зависимости от количества пар результатов испытаний

Количество пар результатов испытаний, n	Коэффициент k_1
9	1,67
10	1,62
11	1,58
12	1,55
13	1,52
14	1,50
≥ 15	1,48

8.2.3.4 Область применения зависимостей

Зависимость, составленная согласно процедуре 8.2.3.3 может применяться с погрешностью:

- а) ± 2 - для области измерений, которая применялась для определения смещения с использованием коэффициента отскока;
- б) $\pm 0,05$ км/с - для области измерений, которая применялась для определения смещения с использованием скорости ультразвукового импульса;
- с) $\pm 2,5$ кН - для области измерений, которая применялась для определения смещения с использованием усилия вырыва.

8.2.3.5 Оценка прочности на сжатие бетона в конструкции «на месте»

Результат испытаний прочности на сжатие бетона в конструкции «на месте» f_{is} , оценивается с применением зависимости, составленной по процедуре 8.2.3.3. Зависимость может применяться только для оценки прочности на сжатие «на месте» конкретного бетона и для условий, для которых данная зависимость составлена. Зависимость может применяться только в области измерений, к которой относятся данные результаты испытаний (смотри 8.2.3.4).

Для оценки характеристической прочности на сжатие бетона в конструкции действуют условия и метод по 8.2.2.4.

Оценка на основе испытаний выбуренных кернов одинаковой длины и одинакового диаметра и с применением базовых кривых по рисункам 14, 15 и 16 определяет прочность на сжатие «на месте», соответствующую прочности на сжатие куба.

После расчета характеристической прочности на сжатие может быть произведена оценка соответствующего класса бетона по прочности на сжатие согласно CP H.04.04, с применением Таблицы 2. Если оценка основана на испытаниях выбуренных кернов с соотношением сторон 2:1 и диаметром менее 50 мм, то для определения соответствующего класса бетона по прочности на сжатие также применяется Таблица 2.

При необходимости действительный результат испытаний выбуренных кернов может быть пересчитан в соответствующую прочность куба или цилиндра «на месте» с применением зависимости, согласно положениям 7.1.

8.3 Оценка для установления соответствия бетона, определенного на основе стандартных испытаний

Для области измерений, содержащей бетон различных партий, для которой получено не менее 15 результатов испытаний выбуренных кернов, может быть установлено наличие бетона различной прочности и его соответствие SM EN 206+A1 и CP H.04.04, если выполняются условия:

$$f_{m(n),is} \geq 0,85 (f_{ck} + 1,48 \times s) \quad (8.7)$$

$$f_{is,min} \geq 0,85 (f_{ck} - 4) \quad (8.8)$$

ПРИМЕЧАНИЕ – Несоответствие одного отдельного выбуренного керна больше указывает на местную, чем на общую проблему несоответствия прочности на сжатие.

Альтернативно, при наличии не менее 15 результатов испытаний косвенными методами и не менее двух выбуренных кернов, отобранных из области измерений, в которой был получен наименьший результат косвенных испытаний и минимальное значение прочности на сжатие, если:

$$f_{is,min} \geq 0,85 (f_{ck} - 4) \quad (8.9)$$

тогда можно считать, что область содержит бетон с достаточной прочностью.

Для маленькой области измерений, содержащей бетон только одной или нескольких партий, можно выбрать два места для бурения кернов в условиях, если:

$$f_{is,min} \geq 0,85 (f_{ck} - 4) \quad (8.10)$$

тогда можно считать, что область содержит бетон с достаточной прочностью.

Если установлено, что область измерений содержит бетон достаточной прочности на сжатие, то исходят из того, что этот бетон соответствует большей совокупности.

ПРИМЕЧАНИЕ - Если прочность на сжатие менее 0,85 ($f_{ck} - 4$), то метод измерений не принимается и несущая конструкция должна быть испытана. Недостаточная прочность конструкции «на месте» может быть вызвана рядом факторов, включая несоответствие бетона требованиям, недостаточное уплотнение или неконтролируемое количество добавленной воды на строительной площадке. Может возникнуть необходимость установления изготовителем и заказчиком основных причин несоответствия; однако это не требует учета пустот и арматуры в выбуренных кернах, также прочностных характеристик кернов в момент проведения испытаний.

8.4 Оценка прочности бетона комбинированным неразрушающим методом

8.4.1 Определение прочности бетона комбинированным неразрушающим методом (SONREB*) имеет высокую точность, особенно когда изменения прочности вызваны неравномерным или недостаточным уплотнением бетона, несоответствием В/Ц отношения, изменением воды для смешивания, неподходящими условиями твердения или изменениями влажности бетона.

Комбинированный неразрушающий метод, также эффективен в случаях, когда качество цемента или заполнителей, включая их зернистость, были несоответствующими.

Метод менее эффективен в случае больших неконтролируемых изменений качества цемента, однако в этом случае, превосходит простые неразрушающие методы.

* Метод SONREB - это неразрушающий метод, используемый для определения прочности существующих бетонных элементов на сжатие. Эта процедура состоит в применении результатов метода отскока (RH) и ультразвукового импульса (UPV), в специфических аналитических моделях.

8.4.2 Определение прочности бетона на сжатие комбинированным неразрушающим методом требует знание следующих данных, в связи с приготовлением бетона:

- а) тип и дозировка цемента (кг/м^3);
- б) характер и размер используемого заполнителя.

8.4.3 Тип цемента учитывается при определении прочности бетона с помощью коэффициента влияния цемента C_c , значения которого приведены в Таблице 20.

Таблица 20 – Значения коэффициента C_c

Тип цемента	Коэффициент C_c
Цемент без добавки типа CEM152.5	1,09
Цемент без добавки типа CEM 142.5	1,04
Цемент с менее 20 % добавок (например, типа CEM II A)	1,00
Цемент с добавками между 21 % и 35 % (например, типа CEM II B, IVA, VA)	0,96
Цемент с более 36 % добавок (например, типа CEM IHA, IVB, VB)	0,90

8.4.4 Дозировка цемента при приготовлении бетона, учитывается при определении прочности бетона, посредством коэффициента влияния дозировки C_d . Значения этого коэффициента приведены в Таблице 21.

Таблица 21 - Значения коэффициента C_d

Дозировка цемента (кг/м^3)	Коэффициент C_d
200	0,88
300	1,00
400	1,13
500	1,25
600	1,31
ПРИМЕЧАНИЕ - Для промежуточных дозировок интерполируется линейно.	

8.4.5 Характер заполнителя, используемого при приготовлении бетона, учитывается при определении прочности бетона с помощью коэффициента влияния характера заполнителя C_a . Для бетонов со следующими заполнителями рекомендуются значения:

- а) кварцево-известняковый заполнитель из речной гальки $C_a = 1,00$;
- б) легкий заполнитель из простого гранулита или смешанный с речным заполнителем $C_a = 1,00$;
- с) тяжелый баритовый заполнитель или смешанный с речным агрегатом $C_a = 1,00 + 0,9p$.

где:

p – процентная доля от общего объема заполнителя, занятого тяжелым заполнителем.

Для бетонов, изготовленных с другими заполнителями, коэффициент C_a определяется экспериментально.

8.4.6 Размер гранул заполнителя учитывается по двум параметрам:

- а) максимальный размер заполнителя, которому соответствует коэффициент влияния максимального размера C_ϕ , значения которого приведены в Таблице 22:

Таблица 22 - Значения коэффициента C_ϕ

Максимальный размер заполнителя Φ (мм)	Коэффициент C_ϕ
63	0,96
31,5	1,00
16	1,03
8	1,09

б) мелкая фракция заполнителя (0-1 мм), которому соответствует коэффициент влияния мелкой фракции C_g , значения которого приведены в Таблице 23.

Таблица 23 - Значения коэффициента C_g

Процент фракции 0-1 мм	Коэффициент C_g
6	0,97
12	1,00
18	1,03
24	1,06
30	1,09
36	1,11
42	1,13
48	1,15

8.4.7 Учет всех параметров состава бетона, которые могут влиять на корреляцию между измеренными неразрушающими величинами и прочностью бетона, производится с помощью коэффициента общего влияния C_t , определяемого соотношением:

$$C_t = C_c \times C_d \times C_a \times C_\phi \times C_g \quad (8.11)$$

для которого подразумевается действительность принципа перекрытия эффектов или независимости действия пяти параметров.

8.4.8 На основании результатов проведенных неразрушающих испытаний рассчитывается прочность $f_{c,ref}$ соответствующее бетону, состав которого определяется единичными значениями коэффициента влияния из таблиц 20 - 23, соответственно бетон, приготовленный с:

- а) цементом с менее 20 % добавок (например, типа СЕМ II/A), дозировка 300 кг/м³;
- б) кварцево-известняковый заполнитель из речной гальки $\Phi_{max} = 31,5$ мм, фракция (0-1 мм) 12 %.

Определение прочности $f_{c,ref}$ основывается на значениях из Таблицы 24 следующим образом: вводятся измеренные значения скорости распространения и величины отскока, а в месте их пересечения считывается эталонная прочность бетона.

Таблица 24 - Эталонные прочности бетона ($f_{c,ref}$) [Н/мм²]

V [m/s]	H																		
	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52
3000	4,0	4,7	5,3	5,9	6,5	7,2	7,9	8,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3100	4,5	5,2	5,8	6,5	7,2	7,8	8,5	9,3	10,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3200	5,0	5,7	6,5	7,2	7,8	8,4	9,3	9,9	10,6	11,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3300	5,6	6,3	7,1	7,7	8,4	9,2	9,8	10,6	11,5	12,5	13,6	-	-	-	-	-	-	-	-
3400	6,2	6,9	7,6	8,3	9,2	9,8	10,6	11,5	12,5	13,6	14,6	15,6	-	-	-	-	-	-	-
3450	6,5	7,3	8,0	8,7	9,5	10,2	11,0	12,0	13,1	14,1	15,1	16,1	17,3	-	-	-	-	-	-
3500	6,8	7,6	8,3	9,1	9,8	10,5	11,4	12,4	13,6	14,6	15,6	16,7	17,9	19,7	-	-	-	-	-
3550	7,1	7,9	8,7	9,3	10,2	10,9	11,9	12,9	14,1	15,1	16,1	17,3	18,7	20,7	22,7	-	-	-	-
3600	7,4	8,2	9,0	9,7	10,5	11,3	12,3	13,4	14,6	15,6	16,7	18,0	19,7	21,7	23,9	-	-	-	-
3650	-	8,5	9,3	10,0	10,9	11,7	12,8	13,9	15,1	16,2	17,4	18,8	20,7	22,7	25,1	-	-	-	-
3700	-	8,7	9,6	10,3	11,2	12,1	13,2	14,4	15,6	16,7	18,1	19,6	21,6	23,8	26,3	28,2	-	-	-
3750	-	9,1	9,9	10,7	11,6	12,6	13,8	15,0	16,2	17,5	18,9	20,6	22,6	24,9	27,1	29,4	32,0	-	-
3800	-	9,4	10,2	11,0	12,0	13,1	14,3	15,5	16,8	18,2	19,7	21,5	23,7	26,1	28,0	30,7	33,1	35,3	-
3850	-	9,8	10,5	11,4	12,5	13,6	14,9	16,1	17,5	18,9	20,6	22,6	24,8	27,0	29,2	31,7	34,1	36,3	-
3900	-	10,1	10,7	11,7	12,9	14,1	15,4	16,7	18,2	19,6	21,4	23,7	25,8	28,0	30,4	32,8	35,0	37,3	39,7
3950	-	10,3	11,1	12,1	13,4	14,7	15,9	17,1	18,9	20,5	22,4	24,7	26,8	29,0	31,4	33,8	36,0	38,3	40,7
4000	-	10,6	11,5	12,5	13,8	15,2	16,4	17,8	19,6	21,4	23,4	25,7	27,7	30,1	32,5	34,7	37,0	39,4	41,8
4050	-	-	11,9	13,0	14,4	15,7	17,0	18,6	20,6	22,4	24,5	26,7	28,8	31,1	33,4	35,7	38,0	40,4	42,8
4100	-	-	12,2	13,5	14,9	16,2	17,6	19,3	21,4	23,3	25,5	27,7	29,8	32,2	34,4	36,7	39,1	41,5	43,8
4150	-	-	-	14,0	15,4	16,7	18,2	20,1	22,4	24,3	26,5	28,8	30,8	33,2	35,4	37,7	40,1	42,5	44,8
4200	-	-	-	14,5	15,9	17,2	18,8	20,9	23,3	25,3	27,4	29,8	31,8	34,1	36,4	38,8	41,2	43,5	45,7

(продолжается)

Таблица 24 (продолжение)

V [м/с]	H																	
	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
4250	-	-	-	-	16,4	17,9	19,6	21,8	24,3	26,3	28,4	30,8	32,8	35,1	37,4	39,8	42,1	44,5
4300	-	-	-	-	16,9	18,5	20,5	22,7	25,3	27,3	29,4	31,7	33,8	36,0	38,4	40,8	43,1	45,3
4350	-	-	-	-	-	-	21,5	23,6	26,3	28,3	30,6	32,6	34,7	36,9	39,3	41,7	44,0	46,3
4400	-	-	-	-	-	-	22,4	24,5	27,3	29,2	31,2	33,4	35,5	37,8	40,3	42,6	45,0	47,4
4450	-	-	-	-	-	-	-	-	28,2	30,0	32,1	34,3	36,4	38,6	41,0	43,5	46,1	48,5
4500	-	-	-	-	-	-	-	-	29,0	30,8	33,0	35,2	37,3	39,9	42,3	44,7	47,2	49,6
4550	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31,8	33,9	36,2	38,4	40,9	43,4	45,8	48,2	50,7
4600	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34,8	37,2	39,6	42,0	44,5	47,0	49,3	52,0
4650	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35,8	38,2	40,6	43,1	45,6	48,0	50,5	53,0
4700	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37,0	39,3	41,6	44,0	46,8	49,0	51,8	54,2
4750	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42,5	45,0	47,7	50,1	52,8	55,4
4800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	43,5	46,0	48,6	51,3	53,8	56,5
4850	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47,0	49,7	52,2	54,9	57,5
4900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48,0	50,8	53,2	56,0	58,5
4950	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	51,8	54,3	56,9	59,6
5000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	52,8	55,5	57,9	60,7

8.4.9 Эффективная прочность испытываемого бетона рассчитывается по соотношению:

$$f_{c,ef} = f_{c,ref} \times C_t \quad (8.12)$$

При испытании бетонов старше 1 года окончательный результат будет получен путем умножения значения $f_{c,ef}$ на поправочный коэффициент, $C_v = 0,9$.

8.4.10 Если имеются в наличии несколько образцов (кубы с ребром 150 мм) для бетона, залитого в конструкцию или керны, в случае существующих конструкций, теоретическое значение коэффициента C_t можно проверить экспериментально, испытывая разрушающими, неразрушающими и комбинированными методами, образцы (кубы или керны) или, желательно, бетон, из которого должны быть извлечены керны:

а) в случае если неразрушающие испытания проводятся непосредственно на кернах, результаты измерений должны быть скорректированы следующим образом:

- 1) керны с $d = 10$ см: +0,6 %;
- 2) керны с $d = 7$ см: +2,5 %;
- 3) керны с $d = 5$ см: +5,6 %.

б) величины отскока, измеренные на боковой стороне керна, увеличиваются на 1 ... 3 деления, в зависимости от диаметра керна (большим диаметрам, соответствуют меньшие увеличения).

При помощи значений скорости распространения и величины отскока, полученные таким образом, определяются значения $f_{c,ref}$ для каждого испытываемого образца i . В то же время, определяется путем испытания на прессе, фактическая прочность образца i на сжатие. Используя два значения прочности, рассчитывается экспериментальный коэффициент влияния образца:

$$C_{ti}^{exp} = \frac{f_{c,exp,i}}{f_{c,ref,i}} \quad (8.13)$$

где:

$f_{c,exp,i}$ — является результатом разрушающего испытания на теле образца, i .

Рассчитывается среднее значение экспериментальных значений для всех испытанных образцов в соответствии с соотношением:

$$C_t^{exp} = \frac{\sum_{i=1}^k C_{ti}^{exp}}{k} \quad (8.14)$$

где:

k — представляет количество имеющихся образцов.

8.4.11 Значение C_t^{exp} сравнивается с вычисленным значением C_t^{real} , и могут возникнуть следующие ситуации:

$$\text{Случай а) } \frac{|C_t^{exp} - C_t^{calc}|}{C_t^{exp}} \leq 0,1 \quad (8.15)$$

В этом случае считается, что экспериментальные значения проверяют данные расчета, и любые расчетные/экспериментальные значения могут быть приняты в качестве окончательных значений. В принципе, любое исправление результатов в этом случае не является обязательным.

$$\text{Случай б) } 0,1 < \frac{|C_t^{exp} - C_t^{calc}|}{C_t^{exp}} \leq 0,3 \quad (8.16)$$

В этом случае существует разница между расчетными и экспериментальными значениями, которые находятся в пределах точности, характерной для комбинированных методов, и, если нет особых причин предпочитать одно из двух значений, наиболее надежное значение для окончательного расчета определяется согласно зависимости:

$$C_t = \frac{C_t^{calc} + 2C_t^{exp}}{3} \quad (8.17)$$

$$\text{Случай в) } \frac{|C_t^{exp} - C_t^{calc}|}{C_t^{exp}} > 0,3 \quad (8.18)$$

В этом случае существует явное несоответствие между результатами расчета и экспериментальными результатами, и необходим тщательный анализ причин, которые привели к этим различиям, чтобы устранить ошибочный результат. Если такой анализ не приводит к какому-либо заключению, рекомендуется исключить расчетное значение, используя экспериментально определенное значение.

8.4.12 Точность комбинированных неразрушающих методов (под точностью понимается диапазон отклонений, в которые включены 90 % экспериментальных результатов) должна рассматриваться как $\pm(15 - 20)$ %, если требуемые элементы бетонного состава известны правильно.

Если помимо состава имеются образцы или керны, точность метода должна составлять $\pm(10-15)$ %. Испытания на кернах обрабатываются в соответствии с положениями 7.1.

Если состав бетона неизвестен или известен ошибочно и не имеются образцы или керны, погрешности могут достигать $\pm(25-35)$ %.

8.4.13 Значение коэффициента общего влияния для жилых зданий, возведенных в период 1947-1955 гг., можно принять как ориентировочное значение, равное:

$$C_t = C_t^{calc} \times C_v = 1,15 \quad (8.19)$$

Для последующих этапов, такие разъяснения не могут быть сделаны, из-за диверсификации классов бетонов и типов используемых цемента.

8.4.14 Интерпретация результатов испытаний комбинированным методом

Результаты, полученные на элементе/железобетонных конструкциях комбинированным неразрушающим методом, имеют предел прочности при сжатии, эквивалентный тем, которые получены на кубах с ребром 150 мм.

Если число результатов меньше 15, метод служит только для оценки прочности бетона на сжатие залитого в конструкцию. В этом случае прочность бетона в элементе считается приемлемой, если выполняются соотношения:

$$f_{m(n),is} \geq f_{ck,is} + k_1 \times S \quad (8.20)$$

$$f_{is,min} \geq f_{ck,is} - 4 \quad (8.21)$$

где:

s – стандартное отклонение должно быть рассчитанным значением исходя от результатов испытаний или быть равным 3,0 Н/мм², независимо от того, какое из этих имеет большее значение;

k_1 – коэффициент, который учитывает количество результатов в соответствии с Таблицей 19.

$f_{m(n),is}$ и $f_{is,min}$ – являются средними значениями $f_{c,ef,med}$, соответственно минимальными $f_{c,ef,min}$ эффективного сопротивления $f_{c,ef}$.

Для определения характеристической прочности бетона в конструкции необходимо получить не менее 15 результатов.

Для оценки характеристической прочности бетона на сжатие «на месте», независимо от типа элемента, применяются следующие условия:

а) оценка для каждой области испытания должна быть основана как минимум на 15 тестовых позициях;

б) стандартное отклонение должно быть рассчитанным значением исходя от результатов испытаний или быть равным 3,0 Н/мм², независимо от того, какое из этих имеет большее значение;

Характеристическая прочность на сжатие испытательной области «на месте» является наименьшим из значений:

$$f_{ck,is} = f_{m(n),is} - 1,48 \times s \quad (8.22)$$

или

$$f_{ck,is} = f_{is,min} + 4 \quad (8.23)$$

где:

s – стандартное отклонение результатов испытаний.

Полученные значения округляются до ближайшего значения 0,5 Н/мм².

Ряд логических схем для применения различных методов оценки прочности бетона, примеры обработки полученных результатов и комментарии к некоторым положениям Кодекса приведены ниже в Приложении А, Приложении В и Приложении С соответственно.

Приложение А
(справочное)

Логические схемы для применения методов оценки прочности бетона на сжатие

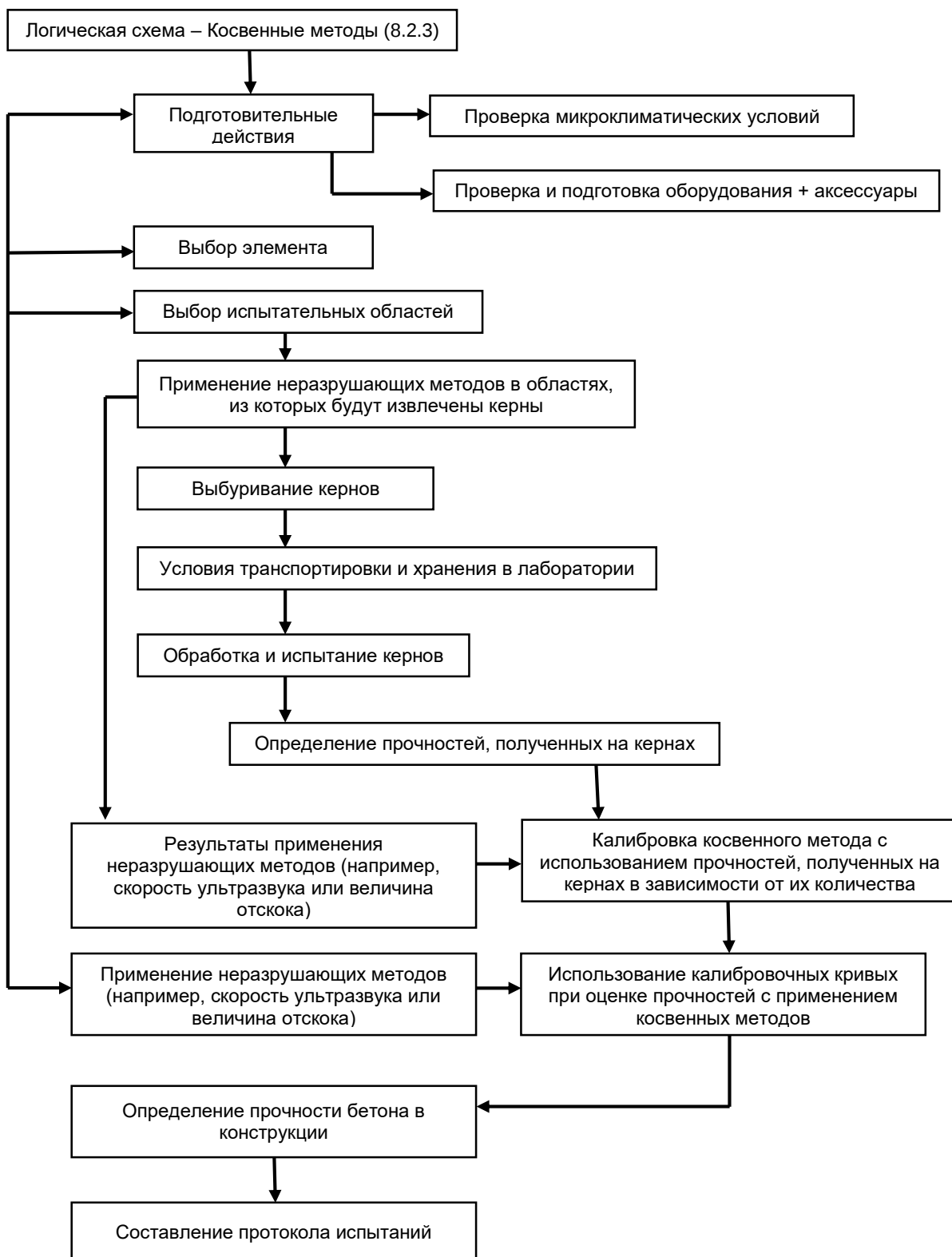


Схема А.1- Косвенные методы, использующие калибровочную кривую, основанную на ограниченном количестве кернов и базовой кривой

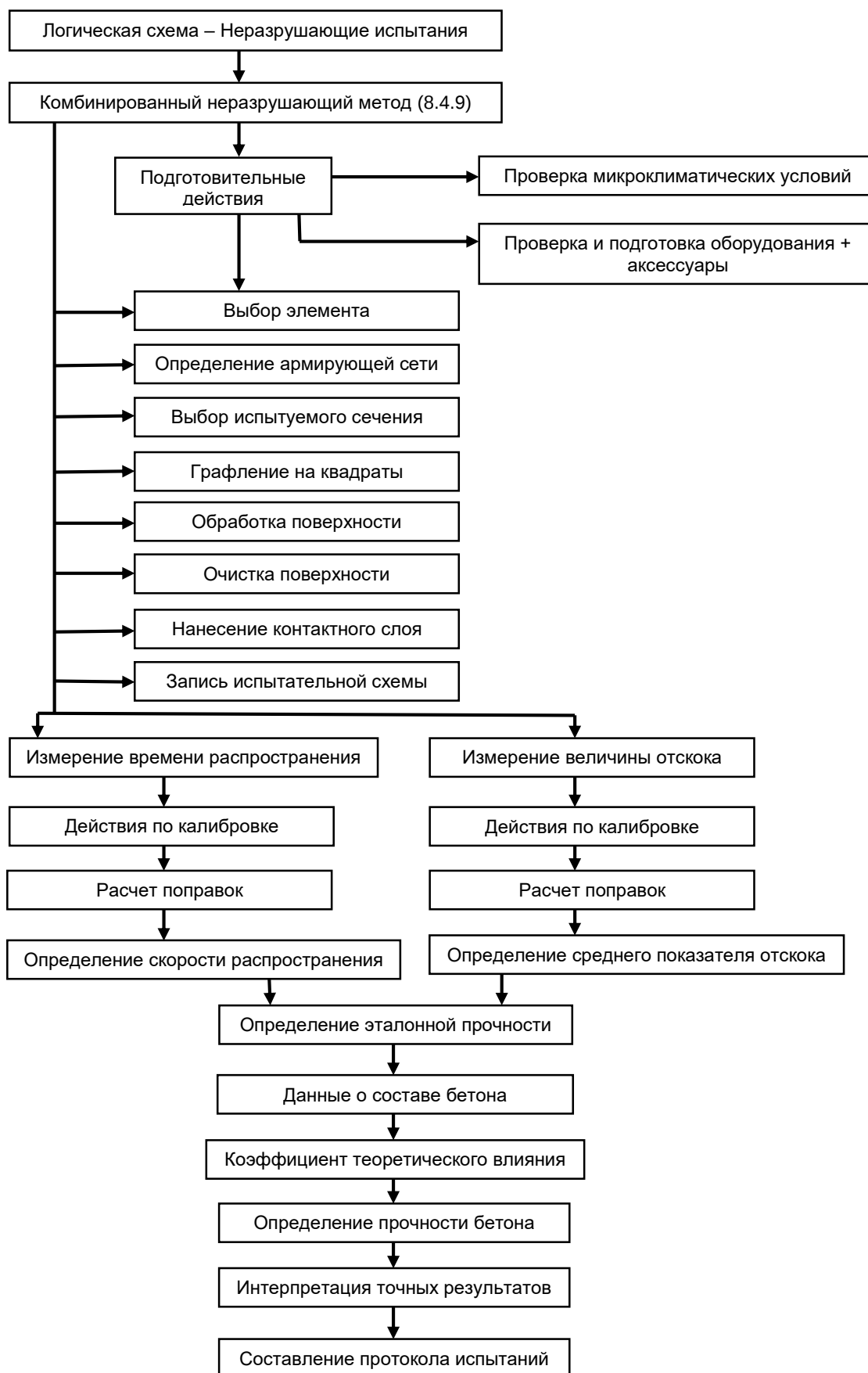


Схема А.2 – Комбинированный метод, использование теоретического коэффициента влияния

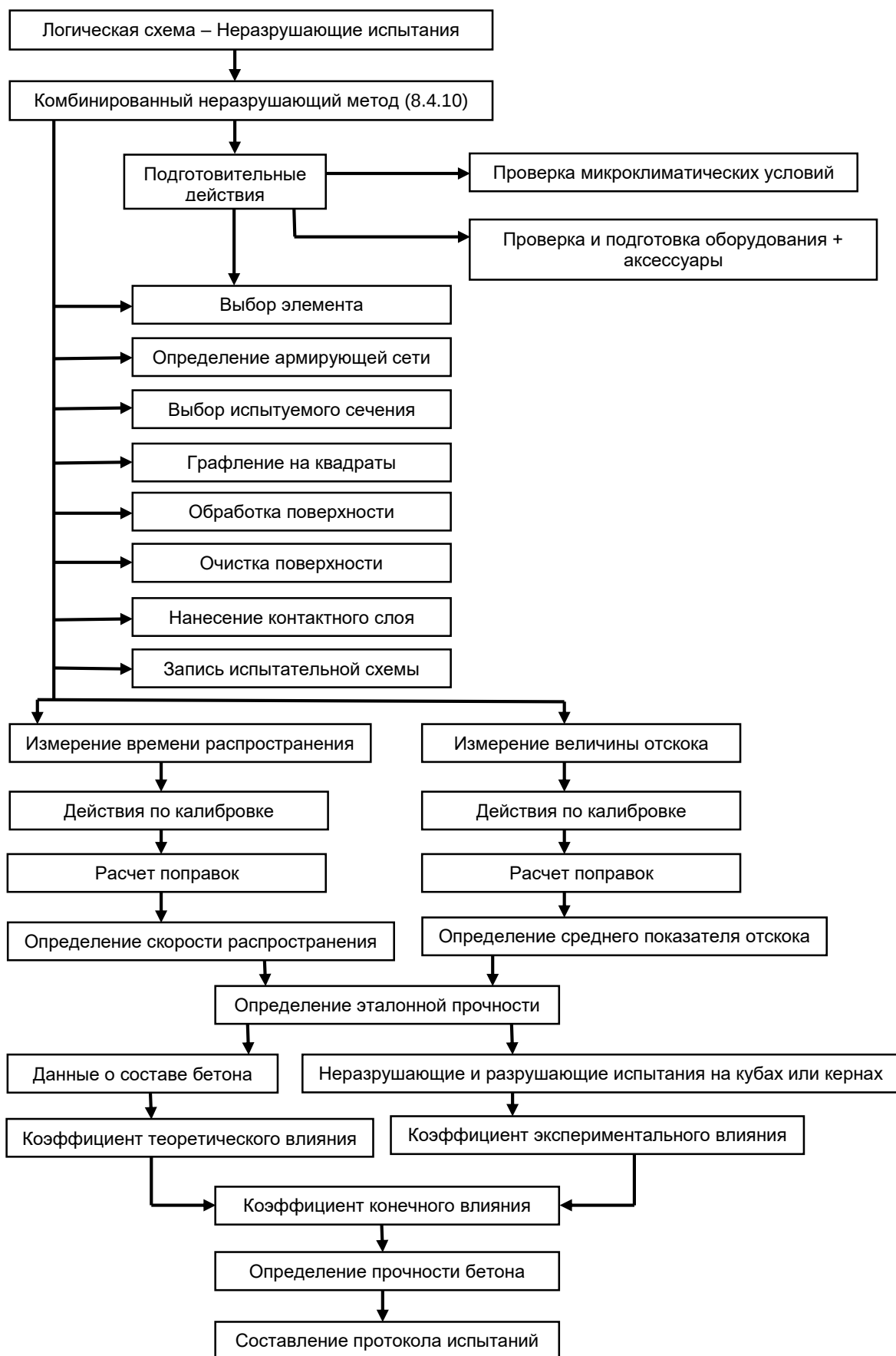


Схема А.3 – Комбинированный метод, использование коэффициентов теоретического и экспериментального воздействия

Приложение В (справочное)

Примеры обработки результатов, полученных с применением методов оценки прочности бетона на сжатие

В.1 Применение методов оценки прочности бетона на сжатие при испытаниях «на месте» на бетонных кернах (8.1.3.3).

В.1.1 Определение прочности бетона, с существующего пола, подлежащего модификации, с классом бетона C20/25 в соответствии с проектом, с площадью 600 м² и толщиной 25 см, бетон с заполнителем $\phi_{\max} = 32$ мм, методом кернов.

Были выбурены 12 кернов диаметром 94 мм и длиной 150 - 180 мм, которые впоследствии были обработаны до размеров, указанных в Таблице В.1.

Подготовка и испытание кернов были произведены в соответствии с положениями 7.1 настоящего Кодекса. Эти испытания привели к данным, указанным в Таблице В.1.

Таблица В.1 – Результаты испытаний на сжатие кернов

Номер керна	d керна (мм)	h керна (мм)	Усилие вырыва (кН)	Площадь (мм ²)	f_{car} (Н/мм ²)
1	94	104,6	121,796	6940	17,5
2	94	106,5	127,128	6940	18,5
3	94	112,5	130,496	6940	19,0
4	94	111,6	129,373	6940	18,5
5	94	107,7	132,601	6940	19,0
6	94	109,2	159,121	6940	23,0
7	94	104,4	146,211	6940	21,0
8	94	114,2	162,148	6940	23,5
9	94	111,4	147,755	6940	21,5
10	94	101,5	166,137	6940	24,0
11	94	106,6	145,931	6940	21,0
12	94	108,0	157,988	6940	23,0

В.1.2 Определение прочности бетона на сжатие, эквивалентной кубам 150 мм, производится в соответствии с 7.1.6, с помощью соотношения:

$$f_{is} = a \times b \times c \times e \times g \times f_{car}$$

где:

$f_{car} = F/A_{car}$, представляет сопротивление керна, полученное испытанием на прессе.

В.1.3 Результаты представлены в Таблице В.2:

Таблица В.2 – Определение прочности бетона на сжатие, эквивалентное кубам 150 мм

Номер керна	f_{car} (Н/мм ²)	соотн. h/d	коэфф. „b“	коэфф. „a“	коэфф. „c“	коэфф. „e“	коэфф. „g“	f_{is} (Н/мм ²)	$f_{m(12),is}$ (Н/мм ²)
1	17,5	1,11	1,04	1,00	1,06	1,00	0,96	18,5	22,5
2	18,5	1,13	1,05	1,00	1,06	1,00	0,96	20,0	
3	19,0	1,20	1,07	1,00	1,06	1,00	0,96	21,0	
4	18,5	1,19	1,07	1,00	1,06	1,00	0,96	20,0	
5	19,0	1,14	1,05	1,00	1,06	1,00	0,96	20,5	
6	23,0	1,16	1,05	1,00	1,06	1,00	0,96	24,5	
7	21,0	1,11	1,04	1,00	1,06	1,00	0,96	22,0	
8	23,5	1,20	1,07	1,00	1,06	1,00	0,96	25,5	
9	21,5	1,18	1,06	1,00	1,06	1,00	0,96	23,0	

(продолжается)

Таблица В.2 (продолжение)

10	24,0	1,08	1,03	1,00	1,06	1,00	0,96	25,0	22,5
11	21,0	1,13	1,05	1,00	1,06	1,00	0,96	22,5	
12	23,0	1,15	1,05	1,00	1,06	1,00	0,96	24,5	

В.1.4 Результаты обрабатываются в соответствии с 8.1.3.3:

$f_{is,min} = 18,5 \text{ Н/мм}^2$, минимальная прочность (Таблица В.2).

$f_{m(12)is} = 22,5 \text{ Н/мм}^2$, средняя прочность (Таблица В.2).

$f_{ck,is,cub} = 21 \text{ Н/мм}^2$ характеристическая прочность «на месте», минимальная для класса бетона С20/25 (Таблица 2).

$f_{ck,is} = f_{is,min} + 4 = 18,5 + 4 = 22,5 \text{ Н/мм}^2$.

$f_{ck,is} = f_{m(n)is} - k = 22,5 - 5 = 17,5 \text{ Н/мм}^2$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Минимальное значение $f_{ck,is}$ составляет $17,5 \text{ Н/мм}^2$, меньше значения $f_{ck,is,cub} = 21 \text{ Н/мм}^2$ (минимальная прочность «на месте» для класса бетона С20/25), значит бетон не достиг заданного класса.

В.2 Применение методов оценки прочности бетона на сжатие путем испытаний на кервах (8.1.3.3) и/или с использованием определенной зависимости, основанной на ограниченном количестве кернов и базовой кривой (8.2.3).

В.2.1 Прочность бетона оценивается на основе результатов, полученных при испытании на сжатие кернов и косвенных неразрушающих измерений ультразвуковым методом, имеющим 10 пар результатов, представленных в Таблице В.3:

Таблица В.3 – Индивидуальные результаты, полученные с применением неразрушающих и разрушающих методов

Точка измерения	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
f_{is}^* (Н/мм ²)	21,4	19,0	17,8	19,5	18,4	19,0	26,0	18,6	19,6	18,0
и (км/с)	4,099	4,076	4,002	4,120	4,087	4,149	4,423	4,051	4,117	4,012

* ПРИМЕЧАНИЕ - В этом случае значения прочности не были округлены до ближайшего значения 0,5 МПа, поскольку эти результаты также использовались для косвенного метода.

В.2.2 Оценка характеристической прочности бетона на основе результатов, полученных при испытании на сжатие кернов, проводится в соответствии с подходом В (8.1.3.3), поскольку количество кернов составляет от 3 до 14.

Среднее значение результатов, $f_{m(12)is} = 19,7 \text{ Н/мм}^2$.

Наименьшее значение, $f_{is,min} = 17,8 \text{ Н/мм}^2$.

Значение коэффициента k , для 10 испытаний, $k = 5$.

В.2.3 Считается наименьшим значение между:

$f_{m(12)is} - k = 19,7 - 5 = 14,7 \text{ Н/мм}^2$.

și

$f_{is,min} + 4 = 17,8 + 4 = 21,8 \text{ Н/мм}^2$.

Характеристическая прочность бетона в конструкции $f_{ck,is} = 14,7 \text{ Н/мм}^2$.

В.2.4 Поскольку испытанные керны вписываются в условия состояния эквивалентности прочности с прочностью, полученной на кубах с ребром 150 мм, получается, что

характеристическая прочность бетона в конструкции соответствует классу прочности C12/15, для которого $f_{ck, is, cub} = 13 \text{ Н/мм}^2$, согласно Таблице 2.

В.2.5 Построение кривой, которая выражает взаимосвязь между данными, измеренными ультразвуковым методом, косвенным методом и прочностями, выполняется в соответствии со случаем 2 (8.2.3), поскольку число точек, в которых была сделана пара определений, находится в диапазоне от 9 до 18, и таким образом:

а) рассчитываются значения f_v для базовой кривой, для измеренных скоростей, с соотношением:

$$f_v = 62,5v^2 - 497,5v + 990$$

б) вычисляется разница $\delta f_v = f_{is} - f_v$ для каждой точки измерения;

с) рассчитывается среднеквадратичное отклонение s_v , для измеренных скоростей;

д) рассчитывается среднее значение, δf_{vm} разностей δf_v ;

е) вычисляется значение Δf_v , на которое смещается базовая кривая, с соотношением $\Delta f_v = \delta f_{vm} - k_1 \times s_v$, в котором коэффициент k_1 зависит от количества результатов;

ф) строится кривая, представляющая зависимость между измеренными скоростями и прочностями бетона, перемещением основной кривой с помощью Δf_v .

Результаты расчетов представлены в Таблице В.4 и графически выражены на Рисунке В.1.

Таблица В.4 - Определение значения δf_v

№ точки	v (км/с)	f_{is} (Н/мм ²)	f_v (Н/мм ²)	δf_v (Н/мм ²)
1	4,099	21,4	0,8	20,6
2	4,076	19,0	0,6	18,4
3	4,002	17,8	0,0	17,8
4	4,120	19,5	1,2	18,3
5	4,087	18,4	0,7	17,7
6	4,149	19,0	1,8	17,2
7	4,423	26,0	12,3	13,7
8	4,051	18,6	0,3	18,3
9	4,117	19,6	1,2	18,4
10	4,012	18,0	0,0	18,0

ПРИМЕЧАНИЕ – $k_1 = 1,62$ (для 10 результатов); $s_v = 0,118$; $\delta f_{vm} = 17,8 \text{ Н/мм}^2$; $\Delta f_v = 17,8 - 1,62 \times 0,118 = 17,6 \text{ Н/мм}^2$.

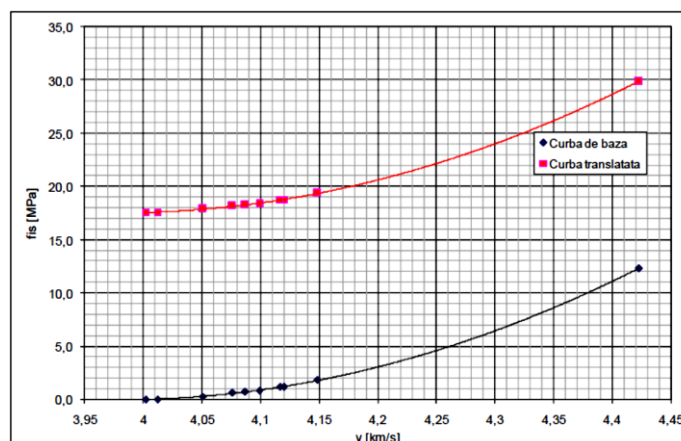


Рисунок В.1 – Кривая, показывающая взаимосвязь между измеренными скоростями и прочностями бетона, полученными путем перемещения базовой кривой с помощью Δf_v

В.2.6 Используя кривую, которая указывает взаимосвязь между измеренными скоростями и прочностями бетона, прочность бетона в конструкции может быть оценена в соответствии с измеренными значениями скоростей ультразвука. Условием применения является то, что

измеренные скорости не должны выходить за пределы диапазона, в котором были установлены значения скоростей, используемых для построения кривой ($\pm 0,05$ км/с).

Оценка характеристической прочности может быть выполнена только при наличии более 15 результатов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Метод испытания кернов обеспечивает наиболее точную информацию о прочности бетона в конструкции. Будучи разрушающим и трудоемким методом не может быть применен во всех случаях.

Метод может быть использован как самостоятельный метод или в сочетании с косвенными методами оценки прочности бетона в существующих конструкциях.

В.3 Комбинированный неразрушающий метод

В.3.1 Оценка прочности бетона на сжатие из элементов несущей конструкции жилого здания (контроль качества бетона 3-х бетонных столбов на первом этаже жилого здания, расположенного в неагрессивной химической среде, комбинированным неразрушающим методом), в случае если имеются кубы, взятые на месте заливки бетона (8.4.10), делается следующим образом:

В.3.1.1 Технические данные:

- a) бетон класса: C16/20;
- b) поперечное сечение столбов: 40×40 см;
- c) состав бетона:
 - 1) тип цемента: CEM/II-AS 32,5 R;
 - 2) дозировка цемента: 275 кг/м^3 ;
 - 3) заполнитель: кварцевая речная галька;
 - 4) фракция: 0 - 31,5 мм;
 - 5) мелкая фракция (0-1) мм: 23,9 %;
- d) возраст бетона: 90 дней;
- e) образцы для испытания: 3 куба с ребром 150 мм, взятые на месте заливки бетона.

В.3.1.2 Описание испытания

Столбы были испытаны в двух направлениях, в 3 сечениях и в 4 точках сечения, по 2 точки в каждом направлении испытания. Испытания для ультразвуковой составляющей комбинированного метода проводились методом прямой передачи. Испытания для составляющей поверхностной твердости (склерометр) комбинированного метода, были выполнены в одном сечении, минимум по 9 измерений.

В.3.1.3 Обработка результатов

Определение прочности бетона на сжатие осуществляется при помощи зависимости:

$$f_{c,ef} = f_{c,ref} \times C_t$$

Определение значения коэффициента C_t производится в зависимости от значений коэффициентов C_t^{calc} și C_t^{exp} .

Коэффициент теоретического расчетного влияния C_t^{calc} рассчитывается по соотношению:

$$C_t^{calc} = C_c \times C_d \times C_a \times C_\phi \times C_g$$

Значения коэффициента приведены в Таблице В.5 (смотри также таблицы 20 ... 23).

Таблица В.5 – Значения коэффициентов влияния

№	Определяемая характеристика Состав бетона	Символ	Коэффициент влияния						
			C _c	C _d	C _a	C _φ	C _g	C _v	C _t
1	Тип цемента: II/A-S-32,5 R	C _c	1,00						
2	Дозировка цемента: 275 kg/m ³	C _d		0,97					
3	Тип заполнителя: кварцевая речная галька	C _a			1,00				
4	Наибольшая фракция заполнителя: 31,5 мм.	C _φ				1,00			
5	Мелкая фракция заполнителя: 23,9 %	C _g					1,06		
6	Возраст бетона: 90 дней	C _v						1,00	
7	Коэффициент теоретического расчетного влияния	C _t							1,03

В.3.1.4 Коэффициент экспериментального влияния C_t^{exp} определяют на основе неразрушающих и разрушающих испытаний, на испытываемых образцах, посредством отношения:

$$C_t^{exp} = \frac{f_{c,exp}}{f_{c,ref}}$$

Результаты этих испытаний приведены в Таблице В.6.

Таблица В.6 – Результаты неразрушающих и разрушающих испытаний, на испытываемых образцах

№	Определяемая характеристика	Символ	Ед. изм.	Значения				
				Куб 1	Куб 2	Куб 3	Среднее	C_t^{exp}
1	Неразрушающие испытания							
1.1	Средняя скорость распространения	V_L	km/s	3,75	3,65	3,86	3,75	
1.2	Величина отскока	N	div.	30	23	26	28	
1.3	Эталонная прочность на сжатие	$f_{c.ref}$	N/mm ²	14,75	13,45	14,90	14,40	
2	Разрушающие испытания							
2.1	Прочность на сжатие	$f_{c,exp}$	N/mm ²	13,95	15,35	13,53	14,27	
2.2	Коэффициент экспериментального влияния	C_t^{exp}		0,95	1,14	0,91	1,00	1,00

Зная две составляющие коэффициента общего конечного влияния C_t, получим его значение:

$$C_t = \frac{C_t^{exp} + C_t^{calc}}{2} = (1 + 1,03)/2 = 1,015$$

Так как $\left| \frac{C_t^{exp} - C_t^{calc}}{C_t^{exp}} \right| \leq 0,1$, в случае если считается, что экспериментальные данные подтверждают расчетные данные и никаких корректировок не требуется.

Обработка полученных результатов представлена в Таблице В.7.

(Намеренно оставленное свободное место)

Таблица В.7 - Определение эффективного значения прочности

№	Элемент	Сеч.	Пункт	Скорость ультразвука V_L (км/с)		Величина отскока N (div)		$f_{c,ref}$ $C_t = 1$ (Н/мм ²)	C_t med	Эффективная прочность $f_{c,ef}$ (Н/мм ²)	
				инд.	средн.	инд.	средн.	средн. сеч.		средн. сеч.	средн. элем.
1	Столб S1	A	1	4,39							
			2	3,95	4,02			19,9		20,2	
			3	4,29							
			4	4,31							
		B	1	4,01		26, 25					
			2	4,19	4,22	29, 28		19,8	1,015	20,1	
			3	4,29		28, 30	28				20,0
			4	4,51		30, 29					
		C	1	4,14		28, 29					
			2	4,07	4,21			19,6		19,9	
			3	4,26							
			4	4,36							
2	Столб S2	A	1	4,34							
			2	4,16							
			3	4,09	4,20			26,8		27,2	
			4	4,22							
		B	1	4,31		36, 36			1,015		
			2	4,30		33, 37					27,6
			3	4,30	4,26	35, 36	35	28,0		28,4	
			4	4,12		34, 35					
		C	1	4,14		32, 34					
			2	4,24	4,20			26,8		27,2	
			3	4,24							
			4	4,18							
3	Столб S3	A	1	4,21							
			2	4,22							
			3	4,06	4,12			21,8		22,2	
			4	3,99							
		B	1	4,43		32, 31					
			2	4,14		32, 32					
			3	4,16	4,16	30, 31	32	22,8	1,015	23,1	23,0
			4	3,99		34, 32					
		C	1	4,37		33, 34					
			2	4,20	4,21			23,3		23,6	
			3	4,20							
			4	4,10							

ПРИМЕЧАНИЕ - Интерпретация результатов выполняется в соответствии с 8.4.14.

В.3.1.5 Прочность бетона в конструкции анализируется в зависимости от:

- а) минимальная прочность на сжатие по сечению ($f_{c,ef,min} = 19,9$ Н/мм²);
- б) средняя прочность на сжатие на элементах ($f_{c,ef,med} = 23,5$ Н/мм²);
- с) стандартное отклонение результатов, $s = 3,32$ - согласно 8.4.14 выбрано это стандартное отклонение.

В.3.1.6 Определение характеристической прочности (наименьшее значение между):

- а) $f_{ck,is} = f_{m(n),is} - 1,48 \times s = 23,5 - 1,48 \times 3,32 = 18,6$ Н/мм²;
- б) $f_{ck,is} = f_{is,min} + 4 = 19,9 + 4 = 23,9$ Н/мм².

Согласно Таблице 2, $f_{ck,is,cub}$ для класса С16/20 равен 17 Н/мм², значит бетон в колоннах соответствует этому классу бетона.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 – В случае если необходимо было определить характеристическую прочность каждого столба, на каждом элементе должны были быть испытаны 15 позиций.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 - Более низкие результаты, полученные на образцах, указывают на их неадекватный отбор и/или несоответствующее хранение, что привело к необходимости испытания элементов «на месте» неразрушающими методами.

ПРИМЕЧАНИЕ 3 - Результаты округляются до ближайших значений к 0,5 МПа.

В.4 Оценка прочности бетона на сжатие в балках несущей структуры жилого здания (контроль качества бетона 3 балок жилого дома комбинированным неразрушающим методом), производится на кернях, отобранных из конструкции (8.4.10) следующим образом:

В.4.1 Технические данные:

- а) бетон класса: С16/20;
- б) размеры балки:
 - ширина 25 см;
 - высота 40 см;
 - длина 460 см.
- в) состав бетона:
 - 1) тип цемента: CEM/IIA-S 32,5 R;
 - 2) дозировка цемента: 275 кг/м³;
 - 3) заполнитель: кварцевая речная галька;
 - 4) фракция: 0 ... 31,5 мм;
 - 5) мелкая фракция (0 - 1) мм: 23,9 %;
- г) возраст бетона: примерно 5 лет.

Керны, извлеченные из элементов конструкции, изготовленные из того же класса бетона: 3 штуки с $d = 100$ мм, которые после обработки имели $h = 105$ мм.

В.4.2 Описание испытания

В.4.2.1 Балки были испытаны в центральной зоне в 5 сечениях, по 4 точки на каждое сечение.

В.4.2.2 Испытания ультразвуковым методом проводились с использованием техники прямой передачи. Испытания на твердость проводились в одном сечении, не менее по 9 измерений.

В.4.3 Обработка результатов

В.4.3.1 Определение прочности бетона на сжатие осуществляется по соотношению:

$$f_{c,ef} = f_{c,ref} \times C_t$$

В.4.3.2 Определение значения коэффициента C_t производится в зависимости от значений коэффициентов C_t^{calc} și C_t^{exp} .

Коэффициент теоретического расчетного влияния C_t^{calc} рассчитывается по соотношению:

$$C_t^{calc} = C_c \times C_d \times C_a \times C_\phi \times C_g$$

Значения коэффициентов приведены в Таблице В.8 (смотри также таблицы 20 ... 23).

Таблица В.8 – Значения коэффициентов влияния

№	Определяемая характеристика Состав бетона	Символ	Коэффициент влияния						
			C_c	C_d	C_a	C_ϕ	C_g	C_v	C_t
1	Тип цемента: II/A-S-32,5 R	C_c	1,00						
2	Дозировка цемента: 275 кг/м ³	C_d		0,97					
3	Тип заполнителя: кварцевая речная галька	C_a			1,00				
4	Максимальная фракция заполнителя: 31,5 мм.	C_ϕ				1,00			
5	Мелкая фракция заполнителя: 23,9 %	C_g					1,06		
6	Возраст бетона: 5 лет	C_v						0,90	
7	Коэффициент теоретического расчетного влияния	C_t							0,93

В.4.3.3 Коэффициент экспериментального влияния C_t^{exp} определяется на основе неразрушающих и разрушающих испытаний, на испытуемых образцах, посредством соотношения:

$$C_t^{exp} = \frac{f_{c,exp}}{f_{c,ref}}$$

Результаты этих испытаний приведены в Таблице В.9.

Таблица В.9 – Результаты разрушающих и неразрушающих испытаний на образцах

№	Определяемая характеристика	Символ	Ед. изм.	Значения				
				Керн 1	Керн 2	Керн 3	Средн.	C_t^{exp}
1	Неразрушающие испытания							
1.1	Средняя скорость распространения	V_L	км/с	3,81	3,75	3,75	3,77	
1.2	Величина отскока	N	div.	30	29	34	31	
1.3	Эталонная прочность на сжатие	$f_{c.ref}$	Н/мм ²	15,6	14,80	17,55	15,98	
2	Разрушающие испытания							
2.1	Прочность на сжатие	$f_{c,exp}$	Н/мм ²	17,14	18,22	14,75	16,70	
2.2	Коэффициент экспериментального влияния	C_t^{exp}		1,10	1,23	0,84	1,06	1,06

Зная две составляющие коэффициента общего конечного влияния C_t , его значение получается:

Так как $\frac{C_t^{exp} - C_t^{calc}}{C_t^{exp}} = (1,06 - 0,93)/1,06 = 0,122$

$10 \% \leq \frac{C_t^{exp} - C_t^{teor}}{C_t^{exp}} \leq 30 \%$, окончательный коэффициент преобразования может быть принят со значением:

$$C_t = \frac{2C_t^{exp} + C_t^{teor}}{3} = (2 \times 1,06 + 0,93)/3 = 1,02.$$

Обработка полученных результатов представлена в таблице В.10.

Таблица В.10 – Определение эффективного значения прочности

№	Элемент	Сеч.	Пункт	Скорость ультразвука V_L (км/с)		Величина отскока N (div)		$f_{c,ref}$ $C_t = 1$ (Н/мм ²)	C_t med	Эффективная прочность $f_{c,ef}$ (Н/мм ²)	
				инд.	средн.	инд.	средн.	средн. сеч.		средн. сеч.	средн. элеме.
1	Балка G1	A	1	3,95							
			2	4,15							
			3	3,90	3,94			17,3		17,6	
			4	3,77							
		B	1	3,78		26, 25					
			2	4,09							
			3	4,14	4,03	29, 30		18,6		19,0	
			4	4,11		29, 28	30				
		C	1	4,17		30, 32					
			2	4,19		34, 33			1,02		
			3	4,11	4,04	30		18,8		19,2	18,9
			4	4,09							
		D	1	3,76							
			2	4,10	4,04			18,8		19,2	
			3	4,12							
			4	4,19							

(продолжается)

Таблица В.10 (продолжение)

№	Элемент	Сеч.	Пункт	Скорость ультразвука V_L (км/с)		Величина отскока N (div)		$f_{c,ref}$ $C_t = 1$ (Н/мм ²)	C_t <i>med</i>	Эффективная прочность $f_{c,ef}$ (Н/мм ²)	
				инд.	средн.	инд.	средн.	средн. сеч.		средн. сеч.	средн. элем.
2	Балка G2	E	1	3,91							
			2	4,16	4,06			19,10		19,5	
			3	3,94							
			4	4,22							
		A	1	3,91							
			2	4,16							
			3	3,94	4,06			19,20		19,6	
			4	4,22							
		B	1	4,31							
			2	4,15							
			3	4,01	4,06	28, 27		19,20		19,6	
			4	4,02		29, 31	30				
		C	1	3,78		33, 34			1,02		
			2	4,02		32, 30					
			3	4,00	3,96	30		17,60		18,0	
			4	4,04							19,4
		D	1	3,91							
			2	4,16							
			3	3,94	4,10			19,50		19,9	
			4	4,20							
		E	1	4,15							
			2	3,98	4,13			19,50		20,2	
			3	4,29							
			4	4,10							
3	Балка G3	A	1	3,76							
			2	4,10	4,04			20,3		20,7	
			3	4,12							
			4	4,19							
		B	1	3,72							
			2	4,06	4,00			19,5		19,9	
			3	4,02		32					
			4	4,22		32, 31					
		C	1	3,56		33, 34	32		1,02		
			2	4,30		30, 31					
			3	3,98	4,03	33, 34		20,1		20,5	21,3
			4	4,29							
		D	1	3,76							
			2	4,10							
			3	4,12	4,05			20,5		20,9	
			4	4,24							
		E	1	4,26							
			2	4,17	4,23			24,1		24,6	
			3	4,20							
			4	4,28							

В.4.4 Интерпретация результатов

ПРИМЕЧАНИЕ - Интерпретация результатов выполняется в соответствии с 8.4.14.

В.4.4.1 Прочность бетона в конструкции анализируется в зависимости от:

- минимальная прочность на сжатие по сечению ($f_{c,ef,min} = 17,6$ Н/мм²);
- средняя прочность на сжатие на элементах ($f_{c,ef,med} = 19,9$ Н/мм²);
- стандартное отклонение результатов, $s = 1,58$ – в соответствии с 8.4.14 выбирается $s = 3$.

В.4.4.2 Определение характеристической прочности (наименьшее значение между):

- $f_{ck,is} = f_{m(n),is} - 1,48 \times s = 19,9 - 1,48 \times 3 = 15,5$ Н/мм²;
- $f_{ck,is} = f_{js,min} + 4 = 17,6 + 4 = 21,6$ Н/мм².

Согласно Таблице 2, $f_{ck, is, cub}$ для класса C12/15 равен 13 Н/мм², значит бетон в балках соответствует этому классу бетона. Бетон из конструкции ниже установленного класса прочности.

Согласно Таблице 2, $f_{ck, is, cub}$ для класса C16/20 равен 17 Н/мм², значит бетон в колоннах соответствует этому классу бетона. Для бетона класса C12/15, $f_{ck, is, cub} = 13$ Н/мм², значит бетон из конструкции соответствует этому классу бетона.

ПРИМЕЧАНИЕ – В случае если требуется определить характеристическую прочность каждой балки в отдельности, следует учитывать прочности, полученные для каждой точки.

В.4.4.3 Прочность бетона в анализируемой балке G3 определяется в зависимости от:

- a) минимальная прочность на сжатие для каждой точки ($f_{c, ef, min} = 14,3$ Н/мм²);
- b) средняя прочность на сжатие балки ($f_{c, ef, med} = 21,3$ Н/мм²);
- c) стандартное отклонение результатов, $s = 1,87$ - в соответствии с 8.4.14 выбирается $s = 3$.

В.4.4.4 Определение характеристической прочности (наименьшее значение между):

- a) $f_{ck, is} = f_{m(n), is} - 1,48 \times s = 21,3 - 1,48 \times 3 = 16,9$ Н/мм²;
- b) $f_{ck, is} = f_{is, min} + 4 = 14,3 + 4 = 18,3$ Н/мм².

Согласно Таблице 2, $f_{ck, is, cub}$ для класса C16/20 равен 17 Н/мм², значит бетон в балке G3 соответствует этому классу бетона.

ПРИМЕЧАНИЕ - Результаты округляются до ближайших значений к 0,5 МПа.

В.5 Оценка прочности бетона на сжатие в некоторых элементах несущей структуры (структурных стенах) промышленного здания, в средне агрессивных химических условиях (при наличии кернов отобранных из конструкции) (8.4.10), выполняется следующим образом:

В.5.1 Технические данные:

- a) бетон класса: C20/25;
- b) размеры стены:
 - толщина 25 см;
 - высота 360 см;
 - длина 460 см.
- c) состав бетона:
 - 1) тип цемента: CEM/IIA-S 32,5 R;
 - 2) дозировка цемента: 320 кг/м³;
 - 3) заполнитель: кварцевая речная галька;
 - 4) фракция: 0 ... 31,5 мм;
 - 5) мелкая фракция (0 - 1) мм: 18 %;
- d) возраст бетона: примерно 10 лет.

Керны, извлеченные из элементов конструкции, изготовленные из того же класса бетона: 3 штуки с $d = 100$ мм, которые после обработки имели $h = 105$ мм.

В.5.2 Описание испытания

В.5.2.1 Стены были испытаны, в 5 сечениях по 4 точки на каждое сечение.

В.5.2.2 Испытания ультразвуковым методом проводились с использованием техники прямой передачи. Испытания на твердость проводились в одном сечении, не менее по 9 измерений.

В.5.3 Обработка результатов

В.5.3.1 Определение прочности бетона на сжатие осуществляется по соотношению:

$$f_{c, ef} = f_{c, ref} \times C_t$$

В.5.3.2 Определение значения коэффициента C_t производится в зависимости от значений коэффициентов C_t^{calc} и C_t^{exp} .

Коэффициент теоретического расчетного влияния C_t^{calc} рассчитывается по соотношению:

$$C_t^{calc} = C_c \times C_d \times C_a \times C_\phi \times C_g$$

Значения коэффициентов приведены в Таблице В.11 (смотри также таблицы 20 ... 23).

Таблица В.11 - Значения коэффициентов влияния

№	Определяемая характеристика Состав бетона	Символ	Коэффициенты влияния						
			C_c	C_d	C_a	C_ϕ	C_g	C_v	C_t
1	Тип цемента: II/A-S-42,5 R	C_c	1,04						
2	Дозировка цемента: 320 кг/м ³	C_d		1,02					
3	Тип заполнителя: кварцевая речная галька	C_a			1,00				
4	Максимальная фракция заполнителя: 31,5 мм.	C_ϕ				1,00			
5	Мелкая фракция заполнителя: 18,0 %	C_g					1,03		
6	Возраст бетона: 10 лет	C_v						0,90	
7	Коэффициент теоретического расчетного влияния	C_t							1,00

В.5.4 Коэффициент экспериментального влияния C_t^{exp} определяется на основе неразрушающих и разрушающих испытаний, на испытуемых образцах, посредством соотношения:

$$C_t^{exp} = \frac{f_{c,exp}}{f_{c,ref}}$$

Результаты этих испытаний приведены в Таблице В.12.

Таблица В.12 – Результаты полученные экспериментальным путем

№	Определяемая характеристика	Символ	Ед. изм.	Значения				
				Керн 1	Керн 2	Керн 3	Средн.	C_t^{exp}
1	Неразрушающие испытания							
1.1	Средняя скорость распространения	V_L	км/с	3,81	3,75	3,75	3,77	
1.2	Величина отскока	N	div.	30	29	34	31	
1.3	Эталонная прочность на сжатие	$f_{c.ref}$	Н/мм ²	15,6	14,80	17,55	15,98	
2	Разрушающие испытания							
2.1	Прочность на сжатие	$f_{c,exp}$	Н/мм ²	17,14	18,22	14,75	16,70	
2.2	Коэффициент теоретического расчетного влияния	C_t^{exp}		1,10	1,23	0,84	1,06	1,06

Зная две составляющие коэффициента общего конечного влияния C_t , его значение получается:

$$C_t = \frac{C_t^{exp} + C_t^{calc}}{2} = (1 + 1,06)/2 = 1,03$$

Так как $\frac{|C_t^{exp} - C_t^{calc}|}{C_t^{exp}} \leq 0,1$, в этом случае считается, что экспериментальные данные подтверждают расчетные данные, и никаких корректировок не требуется.

Обработка полученных результатов представлена в таблице В.13.

Таблица В.13 – Определение эффективного значения прочности

№	Элемент	Сеч.	Пункт	Скорость ультразвука V_L (км/с)		Величина отскока N (div)		$f_{c,ref}$ $C_t = 1$ (Н/мм ²)	C_t <i>med</i>	Эффективная прочность $f_{c,ef}$ (Н/мм ²)	
				инд.	средн	инд.	средн	средн. сеч.		средн сеч.	средн. элемент
1	Стена D1	A	1	3,65							
			2	3,99	3,93			18,40		18,9	
			3	4,16							
			4	2,99*							
		B	1	3,81							
			2	4,20		30, 32					
			3	3,73	3,91	31, 33	32	18,20		18,5	
			4	2,81*		35, 34					
		C	1	3,92		31, 33					
			2	3,82	3,81	32		16,60	1,03	17,1	19,4
			3	3,69							
			4	2,95*							
		D	1	3,50							
			2	3,84	3,86			17,30		17,8	
			3	4,23							
			4	2,88*							
2	Стена D2	A	1	**							
			2	3,42							
			3	3,84	3,69			20,90		21,5	
			4	3,82							
		B	1	**							
			2	3,84							
			3	3,83	3,87			24,40		25,1	
			4	3,95		38, 38					
		C	1	4,09		37, 40			1,03		
			2	4,03	4,03	42, 39	39	27,40		28,2	
			3	3,97		39, 41					
			4	4,03		39					
		D	1	3,97							25,9
			2	3,94	3,94			25,80		26,6	
			3	3,86							
			4	4,00							
3	Стена D3	A	1	4,03							
			2	3,98							
			3	3,95	3,97			21,90		22,6	
			4	3,92							
		B	1	3,75		35, 36					
			2	3,54		37, 32	35				
			3	3,77	3,71	34, 33		17,30		17,8	
			4	3,80		36, 37					
		C	1	3,54		35					
			2	3,68					1,03		
			3	3,73	3,59			15,90		16,4	19,1
			4	3,42							
		D	1	3,86							
			2	3,82							
			3	3,77	3,81			19,10		19,7	
			4	3,79							
		E	1	3,78							
			2	3,84	3,74			18,20		18,8	
			3	3,70							
			4	3,66							

ПРИМЕЧАНИЕ - Области с повреждениями полученные в результате измерений, со скоростями ниже 3 км/с (*) или видимыми (**) не учитываются при расчете.

В.5.5 Интерпретация результатов

ПРИМЕЧАНИЕ - Интерпретация результатов выполняется в соответствии с 8.4.14.

В.5.5.1 Прочность бетона в конструкции анализируется в зависимости от:

- а) минимальная прочность на сжатие по сечению ($f_{c,ef.min} = 16,4 \text{ Н/мм}^2$);
- б) средняя прочность на сжатие на элементах ($f_{c,ef.med} = 21,5 \text{ Н/мм}^2$);
- с) стандартное отклонение результатов, $s = 4,09$ - в соответствии с 8.4.14 выбирается $s = 4,09$.

В.5.5.2 Определение характеристической прочности (наименьшее значение между):

- а) $f_{ck,is} = f_{m(n),is} - 1,48 \times s = 21,5 - 1,48 \times 4,09 = 15,4 \text{ Н/мм}^2$;
- б) $f_{ck,is} = f_{is,min} + 4 = 16,4 + 4 = 20,4 \text{ Н/мм}^2$.

Согласно Таблице 2, $f_{ck,is,cub} = 21 \text{ Н/мм}^2$ для класса С20/25, значит бетон в конструкции не соответствует назначенному классу бетона, бетон имеет класс прочности С12/15 ($f_{ck,is,cub} = 13 \text{ Н/мм}^2$).

ПРИМЕЧАНИЕ 1 - Результаты округляются до ближайших значений к 0,5 МПа.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 – В случае если требуется определить характеристическую прочность каждой стены в отдельности, следует учитывать прочности, полученные для каждой точки.

В.5.5.3 Прочность бетона в анализируемой стене D2 определяется в зависимости от:

- а) минимальная прочность на сжатие для каждой точки ($f_{c,ef.min} = 16,5 \text{ Н/мм}^2$);
- б) средняя прочность на сжатие стены ($f_{c,ef.med} = 25,9 \text{ Н/мм}^2$);
- с) стандартное отклонение результатов, $s = 2,72$ - в соответствии с 8.4.14 выбирается $s = 3$.

В.5.5.4 Определение характеристической прочности (наименьшее значение между):

- а) $f_{ck,is} = f_{m(n),is} - 1,48 \times s = 25,9 - 1,48 \times 3 = 21,5 \text{ Н/мм}^2$;
- б) $f_{ck,is} = f_{is,min} + 4 = 16,5 + 4 = 20,5 \text{ Н/мм}^2$.

Согласно Таблице 2, $f_{ck,is,cub} = 21 \text{ Н/мм}^2$ для класса С20/25, значит бетон в стене D2 не соответствует назначенному классу бетона, бетон имеет класс прочности С16/20 ($f_{ck,is,cub} = 17 \text{ Н/мм}^2$).

ПРИМЕЧАНИЕ - Результаты округляются до ближайших значений к 0,5 МПа.

Приложение С (справочное)

Комментарии и рекомендации

ПРИМЕЧАНИЕ - Номера глав и подразделов настоящего приложения коррелируют с номерами в главе 1, главе 5 и главе 7 настоящего Кодекса.

С.1 Предмет и область применения

С.1.1 Методы, представленные в настоящем Кодексе, могут применяться независимо от типа и назначения конструкции, имеющей монолитную/сборную железобетонную конструкцию, или этапов ее реализации/этапов вмешательства в конструкцию, если иное не указано проектировщиком и/или экспертом.

С.1.3 В настоящем Кодексе представлены принципы установления отношений между:

- а) результатами испытаний на кернах и прочности бетона;
- б) результатами косвенных испытаний и прочности, полученных на кернах;
- в) результатами комбинированных косвенных испытаний (включая условия, при которых располагаются кернами или испытательными образцами) и прочностью бетона.

С.5 Планирование исследований по оценке прочности бетона на сжатие

С.5.3 Выбор испытательных программ

С.5.3.2 Точность оценки прочности «на месте»

Для некоторых методов испытаний, таких как скорость ультразвука или поверхностная твердость, расширение испытаний приводит к относительно небольшому увеличению стоимости, но в других случаях, таких как выбуривание и испытание кернов, затраты могут существенно увеличиться. Решение о количестве и типах испытаний должно приниматься с учетом оценки затрат, необходимых для получения достаточной степени уверенности в результатах испытаний.

С.7 Методы испытаний для оценки прочности бетона на сжатие

С.7.1 Метод кернов

С.7.1.1 Общие положения

Керны могут быть использоваться и для определения следующих характеристик бетона:

- а) прочность на растяжение раскалыванием, согласно SM SR EN 12390-6;
- б) стойкость при замораживании и оттаивании, согласно SM CEN/TS 12390-9;
- в) степень проницаемости;
- г) кажущаяся плотность;
- д) пористость.

С.7.1.2 Выбор областей для выбуривания керна

Прочность бетона в элементе уменьшается к поверхности, даже для плит, и может быть на 25 % ниже в верхней части, чем в середине бетонной конструкции. Бетон с меньшей прочностью как правило, концентрируется в верхней части на высоту 300 мм или на 20 % от верхней части толщины конструкции в зависимости от того, какая область является меньшей.

С.7.1.4 Размеры кернов

Коэффициент вариации прочности, полученный на кернах, в случае испытания только в одной лаборатории, составляет 3,2 % и 4,7 % соответственно, для межлабораторных испытаний для бетонов с прочностями от 32 МПа до 48 МПа. В случае если испытываются два образца, взятых из одного и того же бетона, полученные индивидуальные значения прочностей не отличаются более чем на 9 % от средней прочности в случае испытаний проведенных в одной лаборатории,

и на 13 % соответственно, если индивидуальные результаты были получены в составе межлабораторных испытаний.

С.7.1.6 Аппаратура и методика испытаний. Определение прочности на сжатие

Основными факторами, определяющими различия являются:

- а) повреждение бетонного слоя, прилегающего к боковой поверхности керна, в результате операции выбуривания;
- б) повреждение бетонного слоя, прилегающего к концевым поверхностям керна, из-за поперечного разреза или неравномерности передачи нагрузки на сломанные концы при извлечении со дна бетона при помощи клина или лома;
- с) наличие промежуточного слоя между пластинами пресса и керном со свойствами, отличными от свойств бетона;
- д) наличие стройности, определяемой как отношение высоты керна к диаметру, переменные и отличающиеся от характерного значения прочности куба.

С.7.2 Ультразвуковой метод

С.7.2.1 Общие положения

Основными показателями материала, влияющими на скорость распространения импульса, являются модуль упругости и плотность. В бетоне эти показатели зависят от вида заполнителя, его доли в смеси и его свойств, а также от свойств цемента. Эти свойства в свою очередь зависят главным образом от изначального водоцементного отношения смеси и возраста бетона. Кроме этого, прочность бетона больше зависит от водоцементного отношения, чем от вида заполнителя и долей в смеси заполнителя и цемента.

С.7.2.2 Область применения

Ультразвуковой метод также может быть использован для определения:

- а) упруго-динамических свойств бетона;
- б) дефектов в элементах или конструкциях;
- с) изменений в структуре бетона во время твердения под воздействием агрессивных химических или физических агентов, или механических воздействий;
- д) однородности бетона в конструкции.

С.7.2.3 Выбор областей измерений и количество испытаний

При выборе областей измерений оценивается, что:

- а) для контроля однородности достаточно иметь сеть из точек с шагом между сечениями в 50 см;
- б) для дефектоскопического обследования требуется основная сеть, с интервалом между сечениями в 30 см, возможность дополнительного уплотнения, через вторичные сети.

С.7.4 Испытание бетона комбинированным неразрушающим методом

С.7.4.1 Общие положения

Использование комбинированного неразрушающего метода имеет следующие преимущества перед другими неразрушающими методами:

- а) точность определения прочности, как правило, превосходит простые неразрушающие методы;
- б) не требует знания возраста бетона;
- с) менее подвержен влиянию неконтролируемых изменений в дозировке и типе цемента или фракции заполнителя, чем ультразвуковой метод.

С.7.4.3 Выбор областей измерений и количество испытаний

Если испытания проводятся на заливной поверхности элементов, значения прочностей на сжатие, определенные на основе комбинированных неразрушающих испытаний, будут примерно на 20 % ниже чем реальные значения.

Библиография

[1] Закон Nr. 235 от 01 декабря 2011 о деятельности по аккредитации и оценке соответствия, с последующими изменениями (Опубликован : 07.03.2012 в Monitorul Oficial Nr. 46-47, статья №: 136).

[2] Постановление Правительства Nr. 329 от 23 апреля 2009 об утверждении Положения о профессионально-технической аттестации специалистов, осуществляющих деятельность в строительстве, с последующими изменениями (Опубликован: 08.05.2009 в Monitorul Oficial Nr. 86-88, статья №: 384).

Содержание**Cuprins**

	Стр.
1 Область применения.....	67
2 Нормативные ссылки	67
3 Термины, определения и обозначения	68
3.1 Термины и определения	68
3.2 Обозначения	70
4 Общие положения	71
5 Планирование исследований по оценке прочности бетона на сжатие	72
5.1 Общие положения	72
5.2 Классификация методов испытаний.....	72
5.3 Выбор программ испытаний	73
6 Характеристическая прочность на сжатие бетона в конструкциях «на месте» относительно классов по прочности на сжатие	74
7 Методы испытаний для оценки прочности бетона на сжатие	75
7.1 Метод отбора кернов	75
7.2 Метод определения скорости ультразвукового импульса.....	82
7.3 Метод определения величины отскока	93
7.4 Испытание бетона комбинированным неразрушающим методом	97
7.5 Метод испытаний по определению усилия вырыва.....	99
8 Методы оценки прочности бетона	100
8.1 Оценка характеристического сопротивления на сжатие «на месте» с помощью испытания кернов	102
8.2 Оценка характеристической прочности на сжатие «на месте» в конструкциях косвенными методами испытаний.....	103
8.3 Оценка для установления соответствия бетона, определенного на основе стандартных испытаний.....	109
8.4 Оценка прочности бетона комбинированным неразрушающим методом	109
Приложение А (справочное) Логические схемы для применения методов оценки прочности бетона на сжатие	115
Приложение В (справочное) Примеры обработки результатов, полученных с применением методов оценки прочности бетона на сжатие.....	118
Приложение С (справочное) Комментарии и рекомендации	131
Библиография	134

Membrii Comitetului tehnic pentru normare tehnică în construcții CT-C F „Construcții din beton și beton armat”, care au acceptat proiectul documentului normativ:

Președinte Anatolie ZOLOTCOV Dr.hab. în tehnică

Secretar, membru

Reprezentant al
MEI

Membri

Utilizatorii documentului normativ sunt responsabili de aplicarea corectă a acestuia. Este important ca utilizatorii documentelor normative să se asigure că sunt în posesia ultimei ediții și a tuturor amendamentelor.

Informațiile referitoare la documentele normative (data aplicării, modificării, anulării etc.) sunt publicate în "Monitorul Oficial al Republicii Moldova", Catalogul documentelor normative în construcții, în publicații periodice ale organului central de specialitate al administrației publice în domeniul construcțiilor, pe Portalul Național "e-Documente normative în construcții" (www.ednc.gov.md), precum și în alte publicații periodice specializate (numai după publicare în Monitorul Oficial al Republicii Moldova, cu prezentarea referințelor la acesta).

Amendamente după publicare:

Indicativul amendamentului	Publicat	Punctele modificate

Ediție oficială

COD PRACTIC ÎN CONSTRUCȚII

CP F.02.03:2019

„Construcții din beton și beton armat

Evaluarea in-situ a rezistenței la compresiune a betonului din structuri și din elemente prefabricate”

Responsabil de ediție ing. G. Curilina

Tiraj 100 ex. Comanda nr. _____

Tipărit ICȘC ”INCERCOM” Î.S.

Str. Independenței 6/1

www.incercom.md