



УНИВЕРСИТЕТ ПО АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛСТВО И ГЕОДЕЗИЯ – СОФИЯ
катедра: „СТРОИТЕЛНИ МАТЕРИАЛИ И ИЗОЛАЦИИ”

Изготвил:.....

Проверил:.....

Специалност:....., група:....., Ф№.....

Дата:.....

ТЕМА: Проектиране на състава на бетона

За изпълнение на строителен обект, да се избере клас по якост на натиск и се проектира състав на бетона, по метода на плътните обеми(последователни приближения). От предварителни проучвания са установени следните данни за бетона, бетонната смес и материалите:

• **Бетон:**

Клас/класове по въздействие на околната среда, съгласно БДС EN 206:2013+A1:2016

	XC 1	XC 2	XC 3	XC 4
Корозия, предизвикана от карбонизация				
Корозия, предизвикана от хлориди, различни от тези в морска вода	XD 1	XD 2	XD 3	-
Корозия, предизвикана от хлориди от морска вода	XS 1	XS 2	XS 3	-
Въздействие от замразяване/размразяване с или без размразяващи вещества	XF 1	XF 2	XF 3	XF 4
Химично агресивно действие	XA 1	XA 2	XA 3	-

Класът на конструкцията (structural class), съгласно БДС EN 1992-1-1 е:

S1	S2	S3	S4	S5	S6
----	----	----	----	----	----

*Клас по слягане, S: S..... (*избира се в зависимост от спецификата на елемента и начина на полагане)*

• **Цимент, по БДС EN 197-1:**

Вид и клас на цимента (*да се избера в зависимост от условията на работа и класа на бетона).

Специфична плътност на цимента – $\rho_{o, \text{cem}} = 2900, 2950, 3000, 3050, 3100 \text{ kg/m}^3$;

Обемна плътност на цимента – $\rho_{c, \text{cem}} = 950, 970, 990, 1010, 1030, 1050 \text{ kg/m}^3$;

• **Дребен добавъчен материал/Пясък/, по БДС EN 12620:**

Вид на пясъка: ситен / среден / едър

Обемна плътност на пясъка – $\rho_{o, \text{п}} = 1460, 1480, 1500, 1520, 1540 \text{ kg/m}^3$;

Специфична плътност на пясъка – $\rho_{c, \text{п}} = 2580, 2600, 2620, 2640, 2780, 2840 \text{ kg/m}^3$;

Влажност по маса – $w_{\text{м,п}} = 5, 6, 7, 8, 9 \%$

Обемна плътност на влажния пясък: 1230, 1250, 1270, 1300, 1320 kg/m^3 ;

• **Едър добавъчен материал /ЕДМ/, по БДС EN 12620:**

Вид на ЕДМ – речен чакъл / трошен камък / избира се в зависимост от якостта на бетона/

Обемна плътност на ЕДМ – $\rho_{o, \text{е}} = 1450, 1470, 1490, 1510, 1530 \text{ kg/m}^3$;

Специфична плътност на ЕДМ – $\rho_{c, \text{е}} = 2650, 2680, 2710, 2750, 2790, 2840 \text{ kg/m}^3$;

Влажност по маса – $w_{\text{м,е}} = 0.5, 1.0, 1.5 \%$

Бетонната смес ще се полага с: бетон-помпа / кран с кубел / самосвал.

Диаметър на бетонопровода на помпата $D_{\text{б.п.}} = 100, 110, 120 \text{ mm}$ ($D \leq 1/3 D_{\text{б.п.}}$)

Да се изготви рецептурен състав за производство на бетонна смес за бетоносмесител с обем на коша:

$V_{\text{б.см.}} = 0.33; 0.5; 1.0; 1.5; 1.8; 2.0; 2.25; 2.5; 3.0; 4.0 \text{ m}^3$.

След приготвяне на лабораторен замес от 10, 12, 16, 18, 22 dm^3 е установено, че необходимата консистенция на бетонната смес се получава, като към лабораторната проба се прибавят по 5, 6, 7, 8, 10 % вода и цимент / пясък и ЕДМ.

Данни за изпълняваната конструкция:

Минимален размер на бетонирания елемент/и $b: 150, 200, 250 \text{ mm}$ ($D \leq (1/4 \div 1/5) b$)

Дебелина на плоча $t: 100, 120, 140, 160, 180, 200 \text{ mm}$ ($D \leq 1/2 t$)

Минимално светло разстояние между армировъчните пръти $a: 40, 50, 60, 70, 80, 100, 120 \text{ mm}$ ($D \leq 2/3 a$)

Дата на задаване:.....

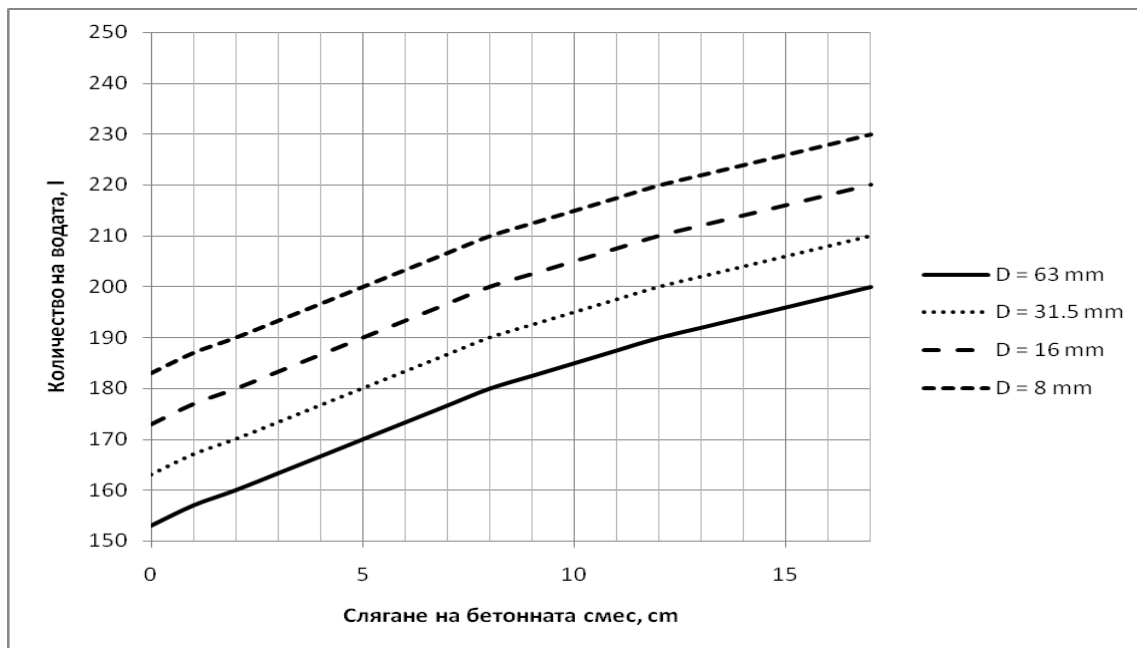
Преподавател/подпис:.....

Ф№.....

Таблица 4.4N на БДС EN 1992-1-1 (Еврокод 2) – Стойности на минималното бетоново покритие $C_{min,dur}$, съгласно изискванията за дълготрайност на армировъчната стомана, съгласно БДС EN 10080

Изискване за $C_{min,dur}$ според условията на околната среда, в милиметри mm							
Клас на конструкцията	Клас/класове на бетона по въздействие на околната среда						
	X0	XC1	XC2/XC3	XC 4	XD1/XS1	XD2/XS2	XD3/XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

Помощни материали за решаване на задачата:



Модифицирана формула на Болемей:

$$f_{cm} = a \cdot f_{cem} \left(\frac{1}{w} - 0,5 \right) \rightarrow w = \frac{a \cdot f_{cem}}{f_{cm} + 0.5a \cdot f_{cem}}, w > 0.4$$

$$f_{cm} = a_1 \cdot f_{cem} \left(\frac{1}{w} + 0,5 \right) \rightarrow w = \frac{a \cdot f_{cem}}{f_{cm} - 0.5a \cdot f_{cem}}, w < 0.4$$

Стойности на коефициентите a_1 и a

Вид на едрия добавъчев материал	Коефициент	Клас на цимента по якост на натиск		
		32,5	42,5	52,5
Речен чакъл	a	0,50	0,47	0,45
	a_1	0,33	0,31	0,30
Трошен камък	a	0,53	0,50	0,48
	a_1	0,35	0,33	0,32

Формула на Отто-Граф: $f_{cm} = \frac{f_{cem}}{m \cdot w^2} \rightarrow w = \sqrt{\frac{f_{cem}}{m \cdot f_{cm}}}$

Стойности на коефициента m

Вид ЕДМ	Коефициент	Клас на цимента по якост на натиск		
		32.5	42.5	52.5
Речен чакъл	m	4.80	5.46	6.37
Трошен камък		4.40	5.20	6.20

Количества на материалите за лабораторен замес, при зададен обем на замеса, V_{PR} , l:

$$Ц_{PR} = \frac{Ц}{1000} V_{PR}$$

$$B_{PR} = \frac{B}{1000} V_{PR}$$

$$П_{PR} = \frac{П}{1000} V_{PR}$$

$$E_{PR} = \frac{E_{DM}}{1000} V_{PR}$$

Коригирани количества на материалите за 1 m³ бетонна смес:

$$Ц' = \frac{Ц_{PR} + \Delta Ц}{V_{PR}} 1000$$

$$B' = \frac{B_{PR} + \Delta B}{V_{PR}} 1000$$

$$П' = \frac{П_{PR} + \Delta П}{V_{PR}} 1000$$

$$E_{DM}' = \frac{E_{PR} + \Delta E_{DM}}{V_{PR}} 1000$$

Отчитане на влажността на добавъчните материали:

$$П_w = П \left(1 + \frac{W_n}{100} \right), E_{DM_w} = E_{DM} \left(1 + \frac{W_e}{100} \right)$$

Добивен коефициент:

$$D_K = \frac{V_{бет.смес}}{V_{цим} + V_{пяс}^w + V_{едм}^w} = \frac{1000}{\rho_{o,ц} \cdot \frac{Ц'}{\rho_{o,n}^w} + \frac{П_w}{\rho_{o,e}^w} + \frac{E_{DM,w}}{\rho_{o,e}^w}}$$

Видове цименти, произведени в РБългария

Титан цемент „Златна Панега“	Холсим „Бели извор“	Хайделберг „Девня цемент“	Хайделберг „Вулкан Димитровград“
Варовиков ПЦ СЕМ II / B-L 32,5 R	Варовиков ПЦ СЕМ II / B-LL 32,5 R	Смесен ПЦ СЕМ II/B-M 32.5	Нискотермичен СЕМ III / B-P 32.5 N LH
Смесен цемент СЕМ V/B (S-V) - 32,5 N	Варовиков ПЦ СЕМ II / A-LL 42,5 N	Варовиков ПЦ СЕМ II / B-L 32,5 R	Смесен ПЦ СЕМ II/B-M 32.5
Шлаков цемент нискотермичен СЕМ III/A-S 42,5 N LH	Портландцимент (ПЦ) СЕМ I 52,5 N	Варовиков ПЦ СЕМ II / A-L 42,5 R	Варовиков ПЦ СЕМ II / A-L 42,5 R
Варовиков ПЦ СЕМ II / A-L 42,5 R	Портландцимент (ПЦ) СЕМ I 52,5 R	Портландцимент (ПЦ) СЕМ I 42,5 N	Портландцимент (ПЦ) СЕМ I 42,5 N
Сулфатостойчив СЕМ I 42,5 R - SR	-	Портландцимент (ПЦ) СЕМ I 52,5 N	Сулфатостойчив СЕМ I 42,5 N - SR
Портландцимент (ПЦ) СЕМ I 52,5 N	-	Портландцимент (ПЦ) СЕМ I 52,5 R	-
-	-	Шлаков цемент СЕМ III/A-S 42,5 N	-
-	-	Пуцоланов сулфатост. СЕМ IV/A(P) 42,5 N SR	-

Приблизително намаляване на количеството на водата в %, при използване на водонамаляващи (пластифициращи) и силноводонамаляващи (суперпластифициращи) химични добавки:

- Водонамаляваща (пластифицираща) добавка – 7 %;
- Обикновена силноводонамаляваща (суперпластифицираща) добавка – 15 %;
- Висок клас силноводонамаляваща (суперпластифицираща) добавка – 25 %;

Клас по въздействие Y – допуска се N – не се допуска	Без риск от корозия	Корозия на арматурата в бетона											Увреждане на бетона									Предварително напрегнат	
		Корозия, предизвикана от карбонизация						Корозия, предизвикана от хлориди					Въздействие при циклично замразяване/размразяване				Химически агресивна околна среда						
		XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XS1	XS2	XS3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2 ^c	XA3 ^c					
СЕМ I	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
СЕМ II	L	A	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
		B	Y	Y	Y	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
СЕМ III	A	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y ^a	Y	Y	Y	Y	Y	Y
	B	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y ^b	Y	Y	Y	Y	Y	Y
	C	Y	N	Y	N	N	N	Y	N	N	N	Y	N	N	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y	N
СЕМ IV	A	Y	N	Y	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	B	Y	N	Y	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N

Дата на задаване:.....

Преподавател/подпис:.....

Ф№.....

Гранични стойности за състав и свойства на бетона

	Класове по въздействие																		
	Без риск от корозия или агресивно въздействие	Карбонизация, предизвикваща корозия				Хлориди, предизвикващи корозия						Въздействие при замразяване/размразяване				Химически агресивна околна среда			
						Морска вода			Хлориди, различни от морска вода										
X0 ^a	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2 ^a	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3		
Максимално <i>w/c</i> ^e	-	0,65	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,45	0,55	0,55	0,45	0,55	0,55	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	
Минимален клас по якост	C12/15	C20/25	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C35/45	C30/37	C30/37	C35/45	C30/37	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	
Минимално съдържание на цимент ^b (kg/m ³)	-	260	280	280	300	300	320	340	300	300	320	300	300	320	340	300	320	360	
Минимално съдържание на цимент (kg/m ³) при употреба на минерални добавки тип II в бетона и цимент тип CEM I ^b	-	240	250	250	270	270	285	300	270	270	285	270	270	285	300	270	285	300	
Минимално съдържание на цимент (kg/m ³) при употреба на минерални добавки тип II в бетона и цимент тип CEM II/A ^b	-	240	255	255	275	275	290	310	275	275	290	275	275	290	310	275	290	310	
Минимално съдържание на цимент, цимент тип CEM II/B (kg/m ³) ^b	-	285	290	300	330	330	360	380	330	330	360	330	330	350	380	330	350	400	
Препоръчително съдържание на въздух (%) ^c	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,5 % при D=8 mm; 4,5 % при D=16 mm; 4,0 % при D=31.5 mm; 3,5 % при D=63 mm						
Допълнителни изисквания към бетона	-				C _w 0,6	C _w 0,6	C _w 0,6	C _w 0,8	C _w 0,6	C _w 0,6	C _w 0,8	C _{fr} 100	C _{fr} 100	C _{fr} 150	C _{fr} 200	C _w 0,6	C _w 0,8	C _w 1,0	
Други изисквания												Добавъчни материали				Сулфатостойчив цимент ^d			
	F ₂ MS ₂₅	F ₁ MS ₁₈	F ₁ MS ₁₈	F ₁ MS ₁₈															

^a Само в случай че бетонът не съдържа армировка или бетонирани метални части.

^b Не се прилага за лек бетон.

^c Когато бетонът е без въздух, свойствата на бетона се определят съгласно подходящи методи за изпитване, като се сравняват с бетон с доказана мразоустойчивост за съответния клас по въздействие.

^d Когато съдържанието на SO₄²⁻ определя класове по въздействие XA2 и XA3, е важно да се използва сулфатостойчив цимент, а при клас по въздействие XA1 - по преценка.

^e Когато се прилага понятието k-стойност, максималното водоциментно отношение *w/c* става: *вода/(цимент+ k. минерална добавка)*

Дата на задаване:.....

Преподавател/подпис/:.....

Ф№.....