

ПОМОЩНИ МАТЕРИАЛИ ЗА ПРОЕКТИРАНЕ НА СЪСТАВА НА БЕТОНА
(ст.н.с. д-р инж. И.Ростовски)

1. Основни термини и определения (т.3 на БДС EN 206-1)

бетон - материал, получен чрез разбъркване на цимент, едър и дребен добавъчен материал и вода, с или без включване на химични и минерални добавки, които подобряват свойствата му при хидратация на цимента;

бетонна смес - бетон, който е напълно замесен и все още може да бъде уплътнен чрез избрания метод;

втвърден* бетон - бетон, който е в твърдо състояние и има известна якост

бетон, приготвен на обекта - бетон, произведен на строителния обект от потребителя на бетон за негова собствена употреба;

готова бетонна смес - бетонна смес, доставена от лице или организация, която не е потребител. Готова бетонна смес, в смисъла на този стандарт, е също :

- бетонна смес, приготвена от потребителя извън обекта;
- бетонна смес, приготвена на обекта, но не от потребителя.

готов бетонен елемент - продукт от бетон, формуван и отлежавал на място, различно от мястото на употреба;

обикновен бетон - бетон, с плътност в изсушено (в сушилня) състояние по-голяма от 2000 kg/m^3 , но не повече от 2600 kg/m^3 ;

лек бетон - бетон, който има плътност в изсушено (в сушилня) състояние не по-малка от 800 kg/m^3 , но не по-голяма от 2000 kg/m^3 , произведен изцяло или частично с леки добавъчни материали;

тежък бетон - бетон, с плътност в изсушено (в сушилня) състояние по-голяма от 2600 kg/m^3 ;

високоякостен бетон - бетон с клас по якост на натиск по-висок от C50/60 за обикновен и тежък бетон и LC50/55 в случай на лек бетон;

проектен бетон(бетон със зададени характеристики) - бетон, за който изискваните и допълнителните характеристики са зададени на производителя, отговорен за осигуряване на съответствие на бетона с изискваните и допълнителните характеристики;

предписан бетон(бетон със зададен състав) - бетон, на който съставът и използваните съставни материали са зададени на производителя, отговорен за осигуряване на бетон със зададения състав;

стандартизиран предписан бетон - предписан бетон, чийто състав е даден в стандарт, валиден за мястото на използване на бетона;

фамилия бетони - група от бетонни състави, за които е установена и документирана надеждна връзка между съответните им характеристики;

кубичен метър бетон - количеството бетонна смес, която уплътнена по начина, даден в EN 12350-6 заема обем от един кубичен метър;

автобетоносмесител - смесител за бетон, монтиран върху самоходно шаси, който се върти и е в състояние да размесва и доставя еднородна бетонна смес;

бетоновоз - съоръжение, обикновено монтирано върху самоходно шаси, което дава възможност да поддържа бетонната смес в хомогенно състояние по време на транспортирането;

* Национална забележка: След уплътняване на бетонната смес до набиране на известна якост се използва определението "пресен бетон"

неразбъркващо устройство - съоръжение, използвано за транспортиране на бетон без разбъркване в смисъла на определение 3.1.17, например самосвал или транспортен камион;

замес - количеството бетонна смес, произведена в един операционен цикъл на даден смесител, или количеството, произведено за 1 min, от смесител с непрекъснато действие;

товар - количеството бетон, транспортирано в едно превозно средство, съдържащо един или повече замеса;

доставка - процесът на предаване на бетонната смес от производителя;

химична добавка - продукт, добавен по време на процеса на забъркване на бетонната смес (в малки количества спрямо масата на цимента) за модифициране на характеристиките на бетонната смес или втвърдения бетон;

минерална добавка - финодисперсен материал, използван в бетона за подобряване на някои характеристики или за постигане на специални характеристики. Този стандарт разглежда два типа неорганични добавки:

- относително инертни добавки (тип I);
- пуцоланови или латентни хидравлични добавки (тип II).

добавъчен материал - зърнест минерален материал, подходящ за направа на бетон. Добавъчните материали могат да бъдат естествени, изкуствени или рециклирани от материал, използван преди това в конструкции;

обикновени добавъчни материали - добавъчни материали с плътност на зърната в изсушено (в сушилня) състояние $> 2000 \text{ kg/m}^3$ и $< 3000 \text{ kg/m}^3$, определена съгласно EN 1097-6;

леки добавъчни материали - добавъчни материали от минерален произход с плътност на зърната в изсушено (в сушилня) състояние $\leq 2000 \text{ kg/m}^3$, определена съгласно EN 1097-6 или плътност в изсушено (в сушилня) свободно насипно състояние $\leq 1200 \text{ kg/m}^3$, определена съгласно EN 1097-3;

тежки добавъчни материали - добавъчни материали с плътност на зърната в изсушено (в сушилня) състояние $\geq 3000 \text{ kg/m}^3$, определена съгласно EN 1097-6;

цимент (хидравлично свързващо вещество) - финосмлян неорганичен материал, който при смесване с вода образува паста, свързваща и втвърдяваща в резултат на реакции и процеси на хидратация и който след втвърдяване запазва якостта си и стабилността си дори и под вода;

общо съдържание на вода - добавената вода плюс водата, съдържаща се в добавъчните материали и на повърхността на добавъчните материали плюс водата от химичните добавки и от минералните добавки, използвани под формата на шлам и водата от евентуален лед или загряваща пара;

ефективно водно съдържание - разликата между общото количество вода в бетонната смес и водата, абсорбирана от добавъчните материали;

водоциментно отношение - отношението на ефективното водно съдържание към съдържанието на цимент в бетонната смес (в масови части);

характеристична якост - стойността на якостта, под която трябва да попаднат не повече от 5% от всички възможни резултати за якостта при изпитването на бетон с разглеждан обем

въвлечен въздух - микроскопични въздушни мехурчета (с диаметър между $10 \mu\text{m}$ и $300 \mu\text{m}$ и сферична или приблизително сферична форма), нарочно въвлечени в бетона по време на разбъркването, обикновено чрез използване на повърхностно активни вещества;

затворен въздух - въздушни празнини в бетона, които не са нарочно въвлечени;

обект (строителен обект) - място, където се извършва строителна дейност;

2. Предварителен етап (етап на предварителни проучвания)

Класове по въздействие по БДС EN 206-1:2002

Означение на класа	Описание на околната среда	Информационни примери, където могат да се срещнат класовете по въздействие
1. Без риск от корозия или агресивно действие		
XO	За бетон без армировка или забетонирани метални части: Всички въздействия с изключение на замразяване/размразяване, изтриваемост или химично агресивно действие За бетон с армировка или забетонирани метални части: Много суха	Бетон във вътрешността на сградите с много ниска влажност на въздуха
2. Корозия, предизвикана от карбонизация		
<p>Когато бетонът, съдържащ армировка или други забетонирани метални части, е изложен на въздух и влага, въздействието се класифицира както следва:</p> <p>ЗАБЕЛЕЖКА: Условието за влажност се отнася до бетоновото покритие върху армировката или други забетонирани метални части, но в много случаи условията в бетоновото покритие могат да бъдат приети като отражение на околната среда. В тези случаи е меродавна класификацията на околната среда. Тя не е меродавна, ако има бариера между бетона и заобикалящата го среда.</p>		
XC1	Суха или постоянно под вода	Бетон във вътрешността на сградите с ниска влажност на въздуха. Бетон, постоянно потопен във вода
XC2	Под вода, рядко суха	Бетонни повърхности обект на дълговременен контакт с вода В много случаи при фундаменти
XC3	Умерена влажност	Бетон във вътрешността на сгради с умерена или висока влажност на въздуха. Външен бетон, предпазен от дъжд
XC4	Циклично намокряне и изсушаване	Бетонни повърхности в контакт с вода, но не в клас по въздействие XC2
3 Корозия, предизвикана от хлориди, различни от тези в морска вода		
<p>Когато бетонът, съдържащ армировка или други вбетонирани метални части, е в контакт с вода, съдържаща хлориди, включително противозамръзващи соли, от източници, различни от морска вода, въздействието се класифицира както следва: ЗАБЕЛЕЖКА: По отношение на условията на влажност виж също част 2 от тази таблица</p>		
XD1	Умерена влажност	Бетонни повърхности, изложени на намиращи се във въздуха хлориди
XD2	Под вода, рядко суха	Плувни басейни Бетон, подложен на действието на промишлени води, съдържащи хлориди
XD3	Циклично намокряне и изсушаване	Части на мостове, изложени на въздействие на соли, съдържащи хлориди Пътни настилки Настилки за автомобилни паркинги
4 Корозия, предизвикана от хлориди от морска вода		
Когато бетонът, съдържащ армировка или други вбетонирани метални части, е в контакт с хлориди от морска вода или аерозоли от морска вода, въздействието се класифицира както следва:		
XS1	Въздействие на аерозоли без контакт с морска вода	Конструкции близо до или на морския бряг
XS2	Постоянно под вода	Части от морски конструкции
XS3	Зони на приливи и отливи, пликане и пръскане на морска вода	Части от морски конструкции

5 Въздействие от замразяване/размразяване с или без размразяващи вещества		
Когато бетонът е влажен и е изложен на периодични замразявания/размразявания, въздействието се класифицира както следва:		
XF1	Умерено водонасищане без размразяващо вещество	Вертикални бетонни повърхности, изложени на дъжд и замразяване.
XF2	Умерено водонасищане с размразяващо вещество	Вертикални бетонни повърхности на пътни конструкции, изложени на замразяване и аерозоли с размразяващи вещества
XF3	Силно водонасищане без размразяващо вещество	Хоризонтални бетонни повърхности, изложени на дъжд и замразяване
XF4	Силно водонасищане с размразяващо вещество или морска вода	Настилки на пътища и мостове, подложени на действието на размразяващи вещества. Бетонни повърхности, подложени директно на аерозоли, съдържащи размразяващи вещества и замразяване. Зона на пликане на морска вода в морски конструкции, подложени на замразяване.
6 Химично агресивно действие		
Когато бетонът е подложен на химично агресивно действие, което се осъществява в естествени почви и подпочвени води, както е дадено в Таблица 2, въздействието се класифицира както е дадено по-долу. Класификацията на морска вода зависи от географското разположение, като се прилага класификация, валидна в мястото на използване на бетона.		
ЗАБЕЛЕЖКА: Необходимо е специално изследване за оценка на съответното въздействие, в следните случаи: - границите са извън таблица 2; - други агресивни химикали; - химически замърсени почва или вода; - вода с висока скорост в комбинация с химикалите от таблица 2.		
XA1	Химично слабо агресивна околна среда съгласно таблица 2	
XA2	Химично умерено агресивна околна среда съгласно таблица 2	
XA3	Химично силно агресивна околна среда съгласно таблица 2	

За случаите без риск от корозия или агресивно действие (ХО) и за корозия предизвикана от карбонизация (XC1; XC2; XC3; XC4) се използват следните групи бетони (БДС EN 206-1/НА:2008)

- **Група I** - бетон, който не е в пряк допир с вода, защитен е от пряко въздействие на атмосферните условия и не е изложен на въздействие на положителни температури над 100 °C (373 K);
- **Група II** – бетон, който е постоянно под вода или е в пряк допир с вода и не е изложен на прякото въздействие на атмосферните условия или на отрицателни температури;
- **Група III** – бетон, който е на открито под прякото въздействие на атмосферните условия и не е изложен на въздействието на положителни температури над 100 °C (373 K);
- **Група IV** – бетон, който е в пряк допир с вода (подложен е на променливо намокряне и изсушаване) и е изложен на прякото въздействие на атмосферните условия.

- Съответствието на класовете по въздействие от EN 206-1 с гореописаните групи бетон е дадено по-долу:

Група на бетона	Класове на въздействие по EN 206
Група I	XO; XC1 (във вътрешността на сградите)
Група II	XC1 (постоянно под вода); XC2
Група III	частично XC3 (за външни бетони, но не предпазени от дъжд)
Група IV	XC4, XF1 и XF3

Гранични стойности за класовете по химично въздействие от естествена почва и почвена вода – БДС EN 206-1:200

Химично агресивните среди, класифицирани по-долу, се базират на естествена почва и почвена вода с температури между 5° C и 25° C и скорост на водата достатъчно ниска, за да бъде приета за хидростатично действие.

Класът се определя от най-неблагоприятната стойност за единичните химични характеристики на средата.

Когато две или повече характеристики за агресивно въздействие водят до един и същ клас, въздействието се класифицира в следващия по-висок клас, освен ако не е доказано, че е необходимо специално изследване за този специфичен случай.

Химична характеристика	Препоръчителен метод за изпитване	XA1	XA2	XA3
Почвена вода				
SO ₄ ²⁻ mg/l	EN 196-2	≥ 200 и ≤ 600	> 600 и ≤ 3000	> 3000 и ≤ 6000
pH	ISO 4316	≤ 6.5 и ≥ 5.5	< 5.5 и ≥ 4.5	< 4.5 и ≥ 4.0
Агресивен CO ₂ , mg/l	prEN 13577:1999	≥ 15 и ≤ 40	> 40 и ≤ 100	> 100 до насищане
NH ₄ ⁺ mg/l	ISO 7150-1или ISO 7150-2	≥ 15 и ≤ 30	> 30 и ≤ 60	> 60 и ≤ 100
Mg ²⁺ mg/l	ISO 7980	≥ 300 и ≤ 1000	> 1000 и ≤ 3000	> 3000 до насищане
Почва				
Общ SO ₄ ²⁻ mg/kg ^a	EN 196-2 ^b	≥ 2000 и ≤ 3000 ^c	> 3000 ^c и ≤ 12000	> 12000 и ≤ 24000
Киселинност ml/kg	DIN 4030-2	> 200 Baumann Gully	не се среща в практиката	
^a Глинести почви с водопроницаемост под 10 ⁻⁵ m/s могат да бъдат прехвърлени в по-нисък клас ^b Методът за изпитване предписва извличане на SO ₄ ²⁻ със солна киселина; алтернативно може да бъде използвано и извличане с вода, ако има такава практика в мястото на използване на бетона. ^c Границата от 3000 mg/kg се намалява на 2000 mg/kg, когато има опасност от натрупване на сулфатни йони в бетона, дължащо се на циклично изсушаване и навлажняване или капилярно водопокачване.				

Таблица F1 на БДС EN 206-1:2002 Препоръчителни гранични стойности за състав и характеристики 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	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
Максимално В/Ц	-	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	C30/37	C35/45
Минимално съдържание на цимент (kg/m ³)	-	260	280	280	300	300	320	340	300	300	320	300	300	320	340	300	320	360	
Минимално съдържание на въздух (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,0 ^a	4,0 ^a	4,0 ^a	-	-	-	
Други изисквания												Добавъчни материали, устойчиви на замразяване/размразяване, в съответствие с изискванията на prEN 12620				Сулфатостойчив цимент ^b			

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

^b Когато съдържанието на SO₄²⁻ определя класове по въздействие XA2 и XA3 е важно да се използва сулфатостойчив цимент. Когато циментът е класифициран по сулфатостойчивост като умерено или високо сулфатостойчив цимент, той трябва да се използва при клас по въздействие XA2 (и при клас по въздействие XA1 по преценка), а при клас по въздействие XA3 трябва да се използва високосулфатостойчив цимент.

Минимално количество на цимента съгласно БДС EN 206-1/НА:2008

Вид на бетона	Армирани конструкции	Неармирани конструкции
Бетон с плътна структура и плътни добавъчни материали или бетон с плътна структура и леки (порьозни) едри добавъчни материали и плътни дребни добавъчни материали		
Група I	230	не се нормира
Група II	270	не се нормира
Група III	270	250
Група IV	300	300
Бетон с плътна структура и леки (порьозни) добавъчни материали		
Група I	270	не се нормира
Група II	270	не се нормира
Група III	300	280
Група IV	350	300

За бетоните от Група III по условия на работа водоциментовото отношение трябва да бъде не по-високо от 0,60, а за бетоните от Група IV съответно 0,55. Минималното количество на цимента в kg/m^3 се определя в съответствие с таблица

Максималната препоръчителна стойност на водо-циментовото отношение в зависимост от проектните изисквания за водонепропускливост и мразоустойчивост на бетона

Клас за водонепропускливост	Максимална стойност на водоциментовото отношение	Клас на бетона по мразоустойчивост	Максимална стойност на водоциментовото отношение
B _B 0,2	0.68	F50	0.65
B _B 0,4	0.60	F75	0.62
B _B 0,6	0.52	F100	0.60
B _B 0,8	0.45	F150	0.57
B _B 1,0	0.38	F200	0.55

Класове на бетона по якост на натиск

Клас по БДС EN 206-1	Клас по БДС EN 206-1/NA
Допълнителен C 6/8	B 7,5
C 8/10	B 10
Допълнителен C 10/12	B 12,5
C 12/15	B 15
C 16/20	B 20
C 20/25	B 25
C 25/30	B 30
Допълнителен C 28/35	B 35
C 30/37	-
Допълнителен C32/40	B 40
C 35/45	B 45
C 40/50	B 50
C 45/55	B 55
C 50/60	B 60
C55/67	-
C60/75	-
C70/85	-
C80/95	-
C90/105	-
C100/115	-

- Класовете по якост на осов опън (якост на опън при разцепване) за бетони с плътна структура и плътни добавъчни материали се означават като $V_t 1.0$, $V_t 1.5$, $V_t 2.0$, $V_t 2.5$, $V_t 3.0$, $V_t 3.5$ и $V_t 4.0$.

- Класовете по якост на опън при огъване за бетони с плътна структура и плътни добавъчни материали се означават като $V_f 1.5$, $V_f 2.0$, $V_f 2.5$, $V_f 3.0$, $V_f 3.5$, $V_f 4.0$, $V_f 45$, $V_f 50$, $V_f 55$, $V_f 60$.

Класове по консистенция на бетонните смеси

Класове по слягане

Клас	Слягане в mm
S1	10 до 40
S2	50 до 90
S3	100 до 150
S4	160 до 210
S5 ⁾	≥ 220

Класове по Vebe

Клас	Време по Vebe в секунди
V0	≥ 31
V1	30 до 21
V2	20 до 11
V3	10 до 6
V4	5 до 3

Класове по степен на уплътняване

Клас	Степен на уплътняване
C0	$\geq 1,46$
C1	1.45 до 1.26
C2	1.25 до 1.11
C3	1.10 до 1.04
C4 ^a	$< 1,04$

^a C4 се отнася само за лек бетон

Класове по диаметър на разстилане

Клас	Диаметър на разстилане в mm
F1	≤ 340
F2	350 до 410
F3	420 до 480
F4	490 до 550
F5	560 до 620
F6	≥ 630

**Препоръчителна консистенция на бетонната смес в зависимост от вида на
конструкцията**

Клас по слягане	Слягане в mm	Предназначение на бетонната смес	Време за уплътнение в s	Клас по Vebe време
S1	10 – 40	Бетонова смес за неармирани елементи или слабо армирани крупно мащабни стоманобетонни елементи, като язовирни стени, подпорни стени, фундаментни плочи, подложен бетон под фундаменти, бетонови настилки, самолетни писти и др. Бетонова смес за готови стоманобетонни изделия, изготвени чрез вибропресоване и при стендова технология	≥ 31	V0
S2	50 – 90	Бетонова смес за масивни стоманобетонови елементи плочи, греди, колони, шайби и др., транспортирана с краново средство и кубел. Плочи с дебелина до 12 cm и гъсто армирани елементи с хоризонтално бетониране	30 – 21	V1
S3	100 – 150	Бетонова смес за масивни стоманобетонови елементи плочи, греди, колони, шайби и др., транспортирана с бетонпомпа. Бетонова смес за готови стоманобетонни изделия, изготвени чрез касетна (вертикална) технология Бетонова смес, която ще се полага с бетонпомпа.	20 – 11	V2
S4	160 – 210	Бетонова смес за тънки стени, колони, бункери, силози и греди с дебелина до 12 cm.	10 – 6	V3
S5	≥ 220	Бетонова смес с висока подвижност, предназначена за гъсто армирани, тънкостенни стоманобетонни елементи с ограничена възможност за уплътняване. Подходяща консистенция за самоуплътняващи се бетони.	5 – 3	V4

Определяне на максималната едрина на добавъчния материал

$$d_{\max} \leq \left(\frac{1}{4} \div \frac{1}{5}\right) b$$

$$d_{\max} \leq \frac{1}{3} D$$

$$d_{\max} \leq \frac{1}{2} d_{pl}$$

$$d_{\max} \leq \frac{2}{3} a$$

$$d_{\max} \leq 1,2 c_1$$

$$d_{\max} \leq 0,8 c_2$$

където:

- b* - Минимален размер на напречното сечение на бетонирания елемент или група елементи;
- D* - Вътрешен диаметър на тръбата на използваната за транспортиране на бетонната смес бетонпомпа;
- d_{pl}* - Дебелина на междуетажната плоча или дебелина на изпълняваната бетонова настилка;
- a* - Минимално светло разстояние между армировъчните пръти;
- c₁* - Бетоново покритие на носещата армировка при разположение на прътите в един ред;
- c₂* - Бетоново покритие на носещата армировка при многоредово разположение на прътите;

Препоръки за избор на цимент съгласно DIN 1045-2 – национално приложение на Германия към EN 206-1

Клас по въздействие			Без корозия	Корозия на арматурата									Корозия на бетона									Предварително напрегнат бетон			
				Чрез карбонизация					Въздействие от хлориди				Противозамр. соли				Агресивна химически среда			Абразивно въздействие					
									Хлориди, различни от морска вода		Хлориди от морска вода														
Вид цимент			X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XS1	XS2	XS3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3	XM1	XM2	XM3		
CEM I			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
CEM II	A/B	S	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	A	D	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	A/B	P/Q	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	●	○	●	●	●	●	●	●	○	
	A	V	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	●	○	●	●	●	●	●	●	●	
	B		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	●	●	●	●	●	●	●	
	A	W	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	B		●	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	A/B	T	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	A	LL	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	B		●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	A	L	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○	●	●	●	●	●	●	●
	B		●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	A	M	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	B		●	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
CEM III	A		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	B		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	C		●	○	●	○	○	○	●	○	○	●	○	○	○	○	○	○	●	●	●	○	○	○	○
CEM IV	A/B		●	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
CEM V	A/B		●	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
● - препоръчва се												○ – не се препоръчва													

Клас по въздействие		Без корозия	Корозия на армивката										Корозия на бетона									Предвари телно напрегнат бетон		
			Чрез карбонизация					Въздействие от хлориди					Противозамр. соли				Агресивна химически среда			Абразивно въздействие				
								Хлориди, различни от морска вода		Хлориди от морска вода														
Вид цимент		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XS1	XS2	XS3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3	XM1	XM2	XM3		
CEMII/A-M	S-D, S-T, S-LL, D-T, D-LL, T-LL	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	S-P, S-V, D-P, D-V, P-V, P-T, P-LL, V-LL, V-T	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●
CEMII/B-M	S-D, S-T, D-T	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	S-P, D-P, P-T	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	●	○	●	●	●	●	●	●	●	○
	S-V, D-V, P-V, V-T	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	●	●	●	●	●	●	●	●
	S-LL, D-LL, P-LL, V-LL, T-LL	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
CEM IV	B P	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	●	○	●	●	●	●	○	○	○	○
CEM V	A/B S-P	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	●	○	●	●	●	●	○	○	○	○
● - препоръчва се												○ – не се препоръчва												

Избор на цимент в зависимост от групите по условия на работа на конструкцията

Условия на работа на конструкцията	Вид цимент				
	CEM I	CEM II /A	CEM II /B-S CEM III/A	CEM II / B-P CEM II / B-Q CEM IV / A	Сулфатоустойчи в цимент
Група I	да	да	да	не	допуска се
Група II	да	да	да	да	не
Група III	да	да	не	не	допуска се
Група IV	допуска се	допуска се	не	не	да

Избор на клас на цимента по БДС EN 197-7 в зависимост от проектния клас на бетона

Клас на бетона по якост на натиск	C 8/10	C 12/15	C 16/20	C 20/25	C 25/30	C 30/37	C 35/45	C 40/50	C 45/55	C 50/60	C 55/67
Препоръчителен клас на цимента по якост на натиск	32,5	32,5 42,5	32,5 42,5	32,5 42,5 52,5	32,5 42,5 52,5	42,5 52,5	42,5 52,5	52,5	52,5	52,5	52,5

При проектиране на състава на бетона трябва да се познава активността на използвания цимент. Активността на цимента се получава от производителя чрез представителни данни от протоколите за провеждания производствен контрол. При липса на данни активността на цимента се приема както следва:

За цимент с клас по якост на натиск 32,5 активността се приема $R_{ц} = 35 \text{ MPa}$

42.5 $R_{ц} = 45 \text{ MPa}$

52.5 $R_{ц} = 55 \text{ MPa}$

Смесването на различни видове и класове цимент в определен състав на бетона не се разрешава.

Използваните за проектиране на състава на бетона цименти трябва да отговарят на изискванията на БДС EN 196. У нас не се нормира срока на съхранение на цимента, но се препоръчва срокът на съхранение за цимент с клас 52,5 да не надвишава 1 месец, а за останалите цименти два месеца. При по продължително съхранение на цимента в сухи помещения се препоръчва якостта на натиск да се редуцира с 10-20% след 3 месеца и с 20-30% след шест месеца. По високите стойности се отнасят за по-финно смлените цименти.

Основни препоръки за използване на различните класове цимент:

Вид цимент	Основни свойства	Приложение
CEM I 32,5 N	Нормално увеличаване на якостта	За бетони, произведени в съответствие с изискванията на БДС EN206-1 с клас по якост на натиск от C12/15 до C30/37
CEM I 32,5 R	Нормално увеличаване на якостта	За бетони, произведени в съответствие с изискванията на БДС EN206-1 с класове по якост на натиск от C12/15 до C30/37
CEM I 32,5 R-HS	Нормално увеличаване на якостта и повишена сулфатостойчивост	За бетони, произведени в съответствие с изискванията на БДС EN206-1 с класове по якост на натиск от C12/15 до C30/37, работещи в условията на въздействие на сулфатни среди при клас по експлоатационно въздействие ХА2 и ХА3
CEM I 42,5 N	Нормално увеличаване на якостта	За бетони, произведени в съответствие с изискванията на БДС EN206-1 с класове по якост на натиск от C12/15 до C35/45
CEM I 42,5 R	Бързо увеличаване на якостта	За бетони, произведени в съответствие с изискванията на БДС EN206-1 с класове по якост на натиск от C30/37 до C45/55, при бетони с изисквания за ранно декофриране, при изготвяне на готови стоманобетонни елементи, при бетониране при понижени температури
CEM I 42,5 R-HS	Бързо увеличаване на якостта и повишена сулфатостойчивост	За бетони, произведени в съответствие с изискванията на БДС EN206-1 с класове по якост на натиск от C30/37 до C45/55, работещи в условията на въздействие на сулфатни среди при клас по експлоатационно въздействие ХА2 и ХА3, при бетони с изисквания за ранно декофриране, при изготвяне на готови стоманобетонни елементи, при бетониране при понижени температури, разтвор за замонолитване на фуги и елементи.
CEM I 52,5 N	Бързо увеличаване на якостта	За бетони, произведени в съответствие с изискванията на БДС EN206-1 с класове по якост на натиск от C30/37 до C45/55 и над C50/60, при бетони с изисквания за ранно декофриране, при изготвяне на готови стоманобетонни елементи, при бетониране при понижени температури, при пенобетон и др.
CEM I 52,5 R	Изключително бързо увеличаване на якостта	За бетони, произведени в съответствие с изискванията на БДС EN206-1 с класове по якост на натиск от C30/37 до C45/55 и над C50/60, при бетони с изисквания за ранно декофриране, при изготвяне на готови стоманобетонни елементи, при бетониране при понижени температури.
CEM II 32,5 R	Нормално увеличаване на якостта	За бетони, произведени в съответствие с изискванията на БДС EN206-1 с класове по якост на натиск от C12/15 до C30/37 Използва се за замазки, за видим бетон и за разтвори
CEM II 42,5 N	Нормално увеличаване на якостта	За бетони, произведени в съответствие с изискванията на БДС EN206-1 с класове по якост на натиск от C30/37 до C45/55
CEM II 42,5 R	Бързо увеличаване на якостта	За бетони, произведени в съответствие с изискванията на БДС EN206-1 с класове по якост на натиск от C30/37 до C45/55, при бетони с изисквания за ранно декофриране, при изготвяне на готови стоманобетонни елементи, при бетониране при понижени температури, видим бетон и др.
CEM II 52,5 N	Бързо увеличаване на якостта	За бетони, произведени в съответствие с изискванията на БДС EN206-1 с класове по якост на натиск от C30/37 до C45/55 и над C50/60, при бетони с изисквания за ранно декофриране, при изготвяне на готови стоманобетонни елементи, при бетониране при понижени температури, при пенобетон и др.
CEM III 32,5 N	Бавно увеличаване на якостта	За бетони, произведени в съответствие с изискванията на БДС EN206-1 с класове по якост на натиск от C12/15 до C30/37. Подходящ за масивни елементи
CEM III 32,5 N-LH	Бавно увеличаване на якостта	За бетони, произведени в съответствие с изискванията на БДС EN206-1 с класове по якост на натиск от C12/15 до C30/37 Особено подходящ за масивни елементи
CEM III 42,5 N	Нормално увеличаване на якостта	За бетони, произведени в съответствие с изискванията на БДС EN206-1 с класове по якост на натиск от C30/37 до C45/55
CEM III 52,5 N	Нормално увеличаване на якостта	За бетони, произведени в съответствие с изискванията на БДС EN206-1 с класове по якост на натиск от C30/37 до C45/55 Подходящ за бетонови изделия

Класификация на циментите съгласно БДС EN 197-1

Типове	Означаване на 27-те продукта (подтипове обикновен цимент)	Състав (проценти масата ^{a)})											Допълнителни компоненти	
		Основни компоненти												
		Клинкер К	Доменна шлака S	Микросилициев прах D ^b	Пуцоланови добавки		ляеща пепел		Печени шисти Т	Варовик				
естествени Р	естествени калцинирани Q				силициева V	варосъдържаща W	L	LL						
CEM I	Портландцимент	CEM I	95 - 100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5
CEM II	Шлакопортландцимент	CEM II/A-S	80 - 94	6 - 20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5
		CEM II/B-S	65 - 79	21 - 35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5
	Портландцимент с микросилициев прах	CEM II/A-D	90 - 94	-	6 - 10	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5
		CEM II/A-P	80 - 94	-	-	6 - 20	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5
	Пуцоланов портландцимент	CEM II/B-P	65 - 79	-	-	21 - 35	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5
		CEM II/A-Q	80 - 94	-	-	-	6 - 20	-	-	-	-	-	-	0 - 5
		CEM II/B-Q	65 - 79	-	-	-	21 - 35	-	-	-	-	-	-	0 - 5
		CEM II/A-V	80 - 94	-	-	-	-	6 - 20	-	-	-	-	-	0 - 5
	Пепелен портландцимент	CEM II/B-V	65 - 79	-	-	-	-	21 - 35	-	-	-	-	-	0 - 5
		CEM II/A-W	80 - 94	-	-	-	-	-	6 - 20	-	-	-	-	0 - 5
		CEM II/B-W	65 - 79	-	-	-	-	-	21 - 35	-	-	-	-	0 - 5
		Портландцимент с печени шисти	CEM II/A-T	80 - 94	-	-	-	-	-	-	6 - 20	-	-	-
	CEM II/B-T		65 - 79	-	-	-	-	-	-	21 - 35	-	-	-	0 - 5
	Варовиков портландцимент	CEM II/A-L	80 - 94	-	-	-	-	-	-	-	6 - 20	-	-	0 - 5
		CEM II/B-L	65 - 79	-	-	-	-	-	-	-	21 - 35	-	-	0 - 5
		CEM II/A-LL	80 - 94	-	-	-	-	-	-	-	-	6 - 20	-	0 - 5
CEM II/B-LL		65 - 79	-	-	-	-	-	-	-	21 - 35	21 - 35	-	0 - 5	
Смесен портландцимент ^c	CEM II/A-M	80 - 94	←----- 6 - 20 -----→										0 - 5	
	CEM II/B-M	65 - 79	←----- 21 - 35 -----→										0 - 5	
CEM III	Шлаков цимент	CEM III/A	35 - 64	36 - 65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5
		CEM III/B	20 - 34	66 - 80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5
		CEM III/C	5 - 19	81 - 95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5
CEM IV	Пуцоланов цимент ^c	CEM IV/A	65 - 89	-	←----- 11 - 35 -----→						-	-	0 - 5	
		CEM IV/B	45 - 64	-	←----- 36 - 55 -----→						-	-	0 - 5	
CEM V	Смесен Цимент ^c	CEM V/A	40 - 64	18 - 30	←----- 18 - 30 -----→				-	-	-	-	0 - 5	
		CEM V/B	20 - 38	31 - 50	←----- 31 - 50 -----→				-	-	-	-	0 - 5	

a Стойностите в таблицата се отнасят за сумата от основни и допълнителни компоненти.

b Количеството на микросилициевия прах е ограничено до 10%.

c В смесените портландцименти CEM II /A-M и CEM II /B-M, в пуцолановите цименти CEM IV/A и CEM IV/B и в смесените цименти CEM V/A и CEM V/B основните компоненти, освен клинкера, трябва да се обявят чрез означение на цимента (за пример виж точка 8)

Класове по якост на натиск на цимента

Клас на якост	Якост на натиск, МПа				Време на начало на свързване, min	Обемопостоянство (разширение) mm
	Ранна якост		Стандартна якост			
	2 дни	7 дни	28 дни			
32,5 N	-	≥ 16	≥ 32,5	≤ 52,5	≥ 75	≤ 10
32,5 R	≥ 10	-	≥ 42,5	≤ 62,5	≥ 60	
42,5 N	≥ 10	-	≥ 52,5	-	≥ 45	
42,5 R	≥ 20	-	-	-	-	
52,5 N	≥ 20	-	-	-	-	
52,5 R	≥ 30	-	-	-	-	

Основните видове цимент, произвеждани у нас са както следва

Титан „Златна Панега“	Холсим „Бели извор“	Холсим „Плевен“	Италцименти Девня	Италцименти Димитровград
CEM II/B-M (S-P-V-L) 32,5 R)	CEM II / B-M (S-P-L) 32.5 R	CEM II/B-M(S-P-L) 32,5R	CEM II B-M (L-S) 32.5R	CEM II B-M (P-L) 32.5N
CEM II/B-M (P-L-S-V) 42,5 R)	CEM II / B-M (S-P-L) 42.5 N	CEM II/B-M (P-V-L) 32,5 R	CEM II A-L 42.5 R	CEM II P-L 32.5 N LH - нискотермичен
CEM I 42,5 R-SR сулфатостойчив	CEM I 52.5 N	CEM I 42,5R	CEM I 52.5 N	CEM II A-L 42.5 N
CEM I 52, 5 N	-	CEM II/B-M (P-L) 42,5 N	CEM II A-L 52.5 N Бял цимент	-
-	-	-	CEM III A-S 42.5 N SR сулфатостойчив	-

Изисквания за зърнометричния състав на едрия добавъчен материал при условията в Република България

Фракция <i>d/D</i> mm а)	Процент от масата на преминало количество през сито с размер на отвори, в mm													Допустими отклонения с)	Категория	
	1 b)	2 b)	4 b)	5,6 (6,3)	8 (10)	11,2 (12,5)	16 (20)	22,4 (25)	31,5 (40)	45	63	90	125		d) G _C	e) G _T
2/5,6 (2/6,3)	0 до 5	0 до 20	ф)	85 до 99 b)	98 до 100 b)	100								± 17,5	G _C 85/20	G _T 17,5
2/8	0 до 5	0 до 20	ф)		85 до 99 ^{b)}	98 до 100 b)	100							± 17,5	G _C 85/20	G _T 17,5
2/11,2	0 до 5	0 до 20		25 до 70		85 до 99	98 до 100 b)	100						± 17,5	G _C 85/20	G _T 17,5
4/8		0 до 5	0 до 20		85 до 99	98 до 100 b)	100							-	G _C 85/20	-
4/11,2 (4/12,5)		0 до 5	0 до 15	25 до 70		90 до 99	98 до 100 b)	100						± 17,5	G _C 85/20	G _T 17,5
4/16 (4/20)		0 до 5	0 до 15		25 до 70		90 до 99	98 до 100 b)	100					± 17,5	G _C 90/15	G _T 17,5
4/22,4		0 до 5	0 до 15			25 до 70		90 до 99	98 до 100 ^{b)}	100				± 17,5	G _C 90/15	G _T 17,5
8/16			0 до 5		0 до 15 ^{b)}		90 до 99	98 до 100 b)	100					-	G _C 90/15	-
11,2/22,4				0 до 5 ^{b)}		0 до 15 ^{b)}		90 до 99	98 до 100 ^{b)}	100				-	G _C 90/15	-
16/31,5					0 до 5 ^{b)}		0 до 15 ^{b)}		90 до 99	98 до 100 ^{b)}	100			-	G _C 90/15	-
22,4/45						0 до 5 ^{b)}		0 до 15 ^{b)}		90 до 99	98 до 100 ^{b)}	100		-	G _C 90/15	-
31,5/63							0 до 5 ^{b)}		0 до 15 ^{b)}		90 до 99	98 до 100 b)	100	-	G _C 90/15	-

Забележки:

- а) За фракциите, записани в скоби, важат всички посочени изисквания, като в случаите, където има записани сита в скоби, изискванията се отнасят за тези сита;
- б) За бетон с прекъснат зърнометричен състав, или за други специални цели, могат да се договорят допълнителни изисквания;
- с) От типичния зърнометричен състав при сито с размер $D/2$;
- д) Според процента от масата на преминалото количество през ситата с размер на отворите D , в mm (минимално количество) и d (максимално количество);
- е) Според допустимите отклонения от типичния зърнометричен състав при сито със среден размер $D/2$ (само за фракции 2/5,6 и 2/6,3 – при сито 4 mm);
- ф) За преминалото количество през това сито не се поставя изискване, но то задължително се определя и декларира от производителя.

Класификация по едрина/финост и изисквания за зърнометричния състав на пясъка, или частта от пясъка, преминала през сито с размери на отворите 4 mm

Вид на пясъка	Модул на едрината	Процент от масата на преминало количество през сито с размер на отворите, в mm ^{a)}					
		4	2	1	0,5	0,25	0,125
Едър	3,8–3,3	100	65–75	35–55	15–30	3–10	0–2
Среден	3,3–2,6	100	75–90	55–75	30–50	10–20	2–5
Ситен	2,6–2,0	100	90–100	75–90	50–65	20–30	5–10

^{a)} Определен по отношение на масата на зърната, преминали през сито с размер на отворите 4 mm.

3. Изчислителен етап

3.1 Определяне на средноаритметичната якост на бетона"

може да бъде използвана някоя от формулите:

$$f_{cm} = f_{ck,cube} + (6 \div 12)$$

$$f_{cm} = \eta * f_{ck,cube} + 2$$

$$f_{cm} = 1.28 * f_{ck,cube}$$

където:

- f_{cm} - Средна изчислителна кубова якост на натиск на бетона в N/mm² на 28 дневна възраст за кубични пробни тела с размер на ръба 150 mm
- $f_{ck,cube}$ - Минимална характеристична якост на натиск на бетона в N/mm² на 28 дневна възраст за кубични пробни тела с размер на ръба 150 mm, определя се в зависимост от класа на бетона по якост на натиск
- η - Коефициент, който се приема равен на :
 - 1,29 - При очакван брой на резултатите по ниски от характеристичната якост на натиск не повече от 5% и вероятност за приемане на бетона от потребителя 83% ;
 - 1,25 - При очакван брой на резултатите по ниски от характеристичната якост на натиск не повече от 10 % и вероятност за приемане на бетона от потребителя 55 % ;

3.2 Определяне на водоцементовото отношение

Максималното водоцементовото отношение за проектирания бетон **w** се определя чрез емпирични формули или се отчита от графики в зависимост от якостта на бетона, якостта на цимента и вида на добавъчните материали:

Модифицирана формула на Volomey:

$$f_{cm} = aR_c \left(\frac{1}{w} - 0,5 \right) \quad \text{при } w \geq 0,4$$

$$f_{cm} = a_1 R_c \left(\frac{1}{w} + 0,5 \right) \quad \text{при } w < 0,4$$

където:

- f_{cm} - Средна изчислителна кубова якост на натиск на бетона в N/mm² на 28 дневна възраст за кубични пробни тела с размер на ръба 150 mm
- w - водоцементово отношение
- R_c - Активност на използвания цимент в N/mm²
- a и a_1 - Емпирични коефициенти

Стойности на коефициентите a_1 и a

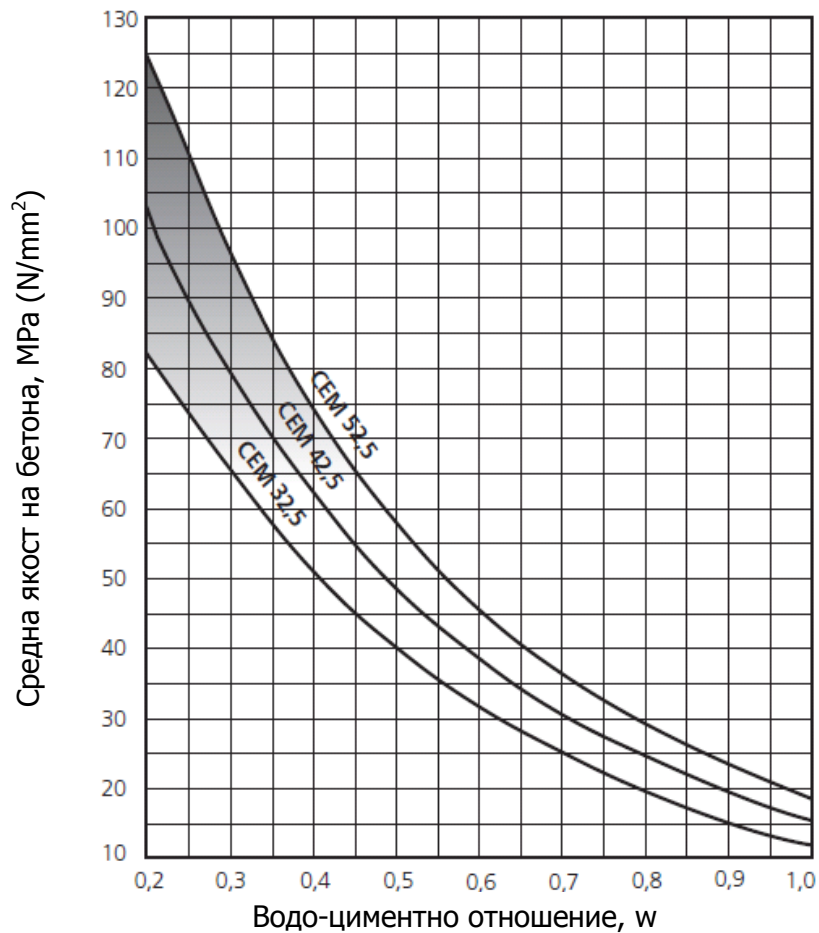
Вид на едрия добавъчев материал	Коефициент	Клас на цимента по якост на натиск		
		32,5	42,5	52,5
Речен чакъл	a	0,50	0,47	0,45
	a_1	0,33	0,31	0,30
Трошен камък	a	0,53	0,50	0,48
	a_1	0,35	0,33	0,32

Формула на Otto Graf:

$f_{cm} = \frac{R_y}{m \cdot w^2}$	$w = \sqrt{\frac{R_y}{m \cdot f_{cm}}}$
------------------------------------	---

Стойности на коефициента m

Вид ЕДМ	Коефициент	Клас на цимента		
		32.5	42.5	52.5
Чакъл	m	4.80	5.46	6.37
Трошен камък		4.40	5.20	6.20

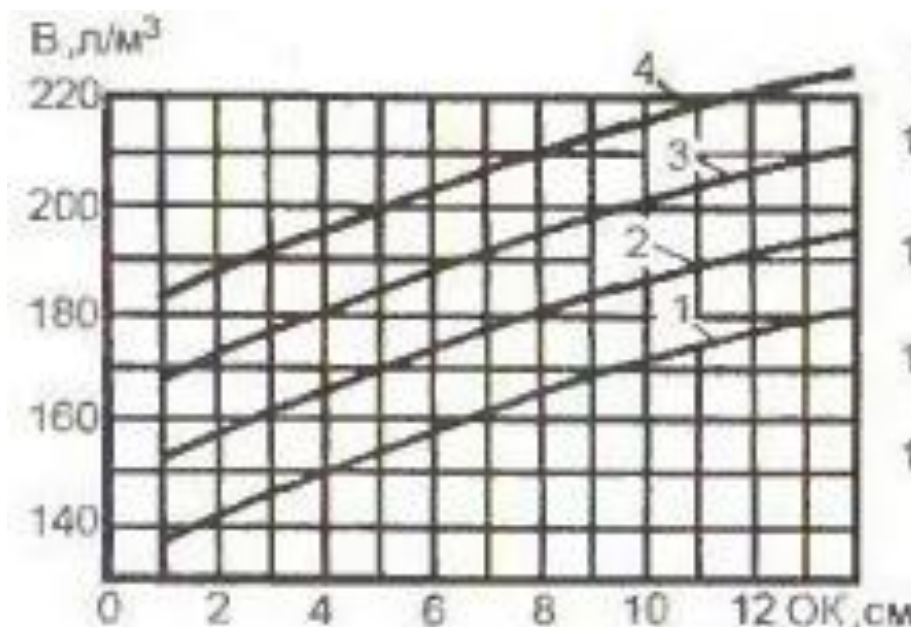


Графика за отчитане на водо-циментното отношение

Изчисленото водоциментово отношение се сравнява с максимално допустимите стойности.

3.2. Определяне на количеството на водата за 1 m³ бетонова смес

Количеството на водата за един кубически метър бетонова смес в литри се определя в зависимост от проектната консистенция на бетонова смес, вида на добавъчните материали и вида на цимента.



Графика за отчитане на количеството на водата, в зависимост от слягането на бетонната смес при използване на среднозърнест пясък и речен чакъл: 1 – 63mm; 2 – 32.5mm; 3 – 16 mm; 4 – 8mm

Забележки:

1. При употреба на дребнозърнест пясък отчетеното по графиката количество вода се увеличава с 5-10 литра, а при едрозърнест пясък се намалява с 5-10 литра;
2. При използване на трошен камък отчетеното количество вода се завишава с 10 литра;
3. При употреба на пуцоланов портландцимент отчетеното количество се завишава с 15-20 литра.
4. При разход на цимент над 400 kg за един кубичен метър бетон количеството на водата се увеличава с 10 литра на всеки 100 kg цимент.

3.3. Определяне на количеството на цимента за 1m³ бетонова смес

Количеството на цимента Ц за 1m³ бетонова смес се определя по формулата:

$$Ц = \frac{B}{w}$$

където:

- Ц - Количество на цимента в kg за 1 m³ бетонова смес
В - Количество на водата в литри за 1 m³ бетонова смес
w - Водоциментово отношение

Изчисленото количество цимент Ц в kg за 1m³ бетонова смес се сравнява с минималните изискуеми количества на цимента Ц_{min} за отделните класове и групи по експлоатационно въздействие>

$$Ц \geq Ц_{\min}$$

При неудовлетворяване на неравенството, количеството на цимента се приема равно на ρ_{min} и се преизчислява необходимото количество на направната вода с цел запазване на изчислената стойност на водоцементовото отношение.

3.4. Определяне на разхода на добавъчни материали за 1 m^3 бетонова смес

Разходът на добавъчни материали за 1 m^3 бетонова смес се определя от условието, че за получаване на плътна бетонова смес сумата от плътните обеми трябва да бъде равна на обема на получената бетонова смес. По този начин се обезпечават, запълване на празнините между зърната на пясъка с циментова паста, а празнините между зърната на едрия добавъчен материал с плътен цименто-пясъчен разтвор. Това условие изчислително се изразява чрез уравнението на плътните обеми:

$$1000 = \frac{Ц}{\rho_{с,ц}} + \frac{В}{\rho_{с,в}} + \frac{П}{\rho_{с,п}} + \frac{E_{\text{ДМ}}}{\rho_{с,едм}} + q$$

където:

- Ц - Количество на цимента в kg за 1 m^3 бетонова смес
- В - Количество на водата в литри за 1 m^3 бетонова смес
- П - Количество на пясъка в kg за 1 m^3 бетонова смес
- $E_{\text{ДМ}}$ - Количество на едрия добавъчен материал в kg за 1 m^3 бетонова смес
- $\rho_{с,ц}$ - Специфична плътност на цимента в kg/dm^3
- $\rho_{с,в}$ - Специфична плътност на водата в kg/dm^3 , приема се 1 kg/dm^3
- $\rho_{с,п}$ - Специфична плътност на пясъка в kg/dm^3
- $\rho_{с,едм}$ - Специфична плътност на едрия добавъчен материал в kg/dm^3
- 1000 - Обем на бетоновата смес в dm^3
- q - Обем на въздуха в бетоновата смес, приема се $10\text{-}15\text{ dm}^3$

Количеството на едрия добавъчен материал се определя от условието, че водата и цимента образуват паста, която запълва с излишък празнините между зърната на пясъка, а водата, цимента и пясъка формират цименто-пясъчен разтвор, който запълва с излишък празнините между зърната на едрия добавъчен материал

$$E_{\text{дм}} = \frac{1000 - q}{\left(1 - \frac{\rho_{о,едм}}{\rho_{с,едм}}\right) \cdot \frac{\alpha}{\rho_{о,едм}} + \frac{1}{\rho_{с,едм}}}$$

$$\alpha = 0,82 + 0,0024 \cdot V_t \quad V_t = \frac{Ц}{\rho_{с,ц}} + B$$

където V_t – обем на циментовата паста.

$$П = \left(1000 - q - \frac{Ц}{\rho_{с,ц}} - \frac{E_{\text{дм}}}{\rho_{с,едм}} - B\right) \cdot \rho_{с,п}$$

4. Експериментален етап

След изчисляването на началния състав на бетона по маса за 1 m^3 бетонова смес се приготвя пробен замес и се определя консистенцията на бетоновата смес. Количеството на отделните материали за лабораторната проба се изчислява по формулите:

$$C_{PR} = \frac{C}{1000} V_{PR}$$

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

$$P_{PR} = \frac{P}{1000} V_{PR}$$

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

където:

- V_{PR} - Обем на лабораторната проба в dm^3
- C_{PR} - Количество на цимента за лабораторната проба в kg
- B_{PR} - Количество на водата за лабораторната проба в kg
- P_{PR} - Количество на пясъка за лабораторната проба в kg
- E_{PR} - Количество на едрия добавъчен материал за лабораторната проба в kg

С получените количества се приготвя лабораторния замес и в съответствие с изискванията на БДС EN 12350 се определя консистенцията на бетоновата смес. В зависимост от получения опитен резултат могат да съществуват три възможни варианта:

Първи вариант. Измерената при лабораторния замес консистенция на бетоновата смес е равна или не се различава съществено (до 10%) от предвидената по проект. При този вариант корекции не се правят и за по нататъшните дейности се приема получения основен състав на бетона.

Втори вариант. Измерената при лабораторния замес консистенция на бетоновата смес е по-ниска от предвидената по проект, а бетонната смес е по-трудно обработваема. При този вариант еднократно или последователно многократно към бетоновата смес на пробата се добавят вода и цимент до изравняване на получената консистенция на пробата с изискуемата по проект. Съотношението между добавените количества вода (ΔB) и цимент (ΔC) се отнасят помежду си както водоциментовото отношение.

Трети вариант. Измерената при лабораторния замес консистенция на бетоновата смес е по-висока от предвидената по проект, а бетонната смес е силно подвижна и евентуално склонна към разслояване. При този вариант еднократно или последователно многократно към бетоновата смес на пробата се добавят пясък и едър добавъчен материал до изравняване на получената консистенция на пробата с изискуемата по проект. Съотношението между добавените количества пясък (ΔP) и едър добавъчен материал (ΔE_{DM}) е равно на съотношението между двата материала от основния състав.

Консистенцията на бетоновата смес се определя не по-късно от 15min след добавяне на водата. Така чрез последователни приближения се достига до проектната консистенция на бетоновата смес. Фактическият обем на коригираната проба се определя по формулата:

$$V_{PR}'' = V_{PR} + \frac{\Delta C}{\rho_C} + \frac{\Delta B}{\rho_B} + \frac{\Delta P}{\rho_P} + \frac{\Delta E_{DM}}{\rho_E}$$

където:

- V_{PR}'' - Фактически обем на коригираната проба в dm^3 ;
- ΔC - Добавено към пробата количество на цимента в kg;

- ΔB - Добавено към пробата количество на водата в литри;
- $\Delta П$ - Добавено към пробата количество на пясъка в kg ;
- ΔE_{DM} - Добавено към пробата количество на едрия добавъчен материал в kg ;
- ρ_c - Специфичана плътност на цимента в kg/dm^3 ;
- ρ_v - Специфичана плътност на водата в kg/dm^3 , приема се 1 kg/dm^3 ;
- ρ_n - Специфичана плътност на пясъка в kg/dm^3 ;
- ρ_e - Специфичана плътност на едрия добавъчен материал в kg/dm^3 ;

Коригираните количества на основните материали за състав бетонова смес с обем 1 m^3 гарантиращ консистенция равна на предвидената по проект се изчисляват по формулите:

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

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

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

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

където:

- $Ц^I$ - Количество на цимента за 1 m^3 бетонова смес в kg, гарантиращо проектната консистенция
- $П^I$ - Количество на пясъка за 1 m^3 бетонова смес в kg, гарантиращо проектната консистенция
- B^I - Количество на водата за 1 m^3 бетонова смес в литри, гарантиращо проектната консистенция
- E_{DM}^I - Количество на ЕДМ за 1 m^3 бетонова смес в kg, гарантиращо проектната консистенция

5. Производствен състав на бетона

Производственият състав на бетона се изчислява с цел отчитане на реалната влажност на добавъчните материали. Същите обикновено се съхраняват на открито и влажността им варира в резултат на промените в атмосферните условия.

Количеството на влажния пясък и влажния едър добавъчен материал, което гарантира изчисления ътав на бетона се определя по формулите:

$$П_w = П'' \left(1 + \frac{w_{П}}{100}\right)$$

$$E_w = E_{DM}'' \left(1 + \frac{w_E}{100}\right)$$

където:

- $П_w$ - Количество на влажен пясък за 1 m^3 бетонова смес в kg, ;
- E_w - Количество на влажния едър добавъчен материал за 1 m^3 бетонова смес в kg,;
- $w_{П}$ - Влажност на пясъка по маса в %;
- w_E - Влажност на ЕДМ по маса в %;

Количеството на водата, което се внася в състава на бетона чрез влажните добавъчни материали се определя по формулите:

$$B_{II} = \Pi_w - \Pi^{II}$$

$$B_E = E_w - E_{DM}^{II}$$

Внасянето на допълнително количество вода изисква коригиране на изчисленото количество по формулата:

$$B^{III} = B^{II} - (B_{II} + B_E)$$

6. Рецептурен състав на бетона

Рецептурният състав се определя и зависимост от вида и обема на бетоносмесителя на бетоновия център. За целта предварително се изчислява добивният коефициент D_K . Физическият смисъл на добивния коефициент е отношението между обема на получената бетонова смес и изходния сумарен насипен обем на компонентите на бетона. Добивният коефициент се определя въз основа на формулата:

$$D_K = \frac{V_B}{V_{Ц} + V_{П} + V_E} = \frac{1000}{\frac{Ц_{pr}}{\rho_{o,ц}} + \frac{П_{pr}}{\rho_{o,п}} + \frac{E_{pr}}{\rho_{o,e}}}$$

където:

- V_B - Обем на готовата бетонова смес в dm^3 ;
- $V_{Ц}$ - Общ обем на цимента в насипно състояние в dm^3
- $V_{П}$ - Общ обем на пясъка в насипно състояние в dm^3
- V_E - Общ обем на едрия добавъчен материал в насипно състояние в dm^3
- $Ц_{pr}$ - Меродавно количество след производствения етап (в случая $Ц^{II}$)
- $П_{pr}$ - Меродавно количество след производствения етап (в случая $П_w$)
- E_{pr} - Меродавно количество след производствения етап (в случая E_w)
- $\rho_{o,ц}$ - Обемна плътност на цимента в kg/dm^3 ;
- $\rho_{o,п}$ - Обемна плътност на влажния пясък в kg/dm^3 ;
- $\rho_{o,e}$ - Обемна плътност на влажния едър добавъчен материал в kg/dm^3 ;

Добивният коефициент варира в границите от 0.55 до 0.75. Обемът на бетоновата смес, която ще се получи от едно забъркване се определя по формулата:

$$V_{BET} = D_K V_K$$

където:

- V_{BET} - Обем на бетоновата смес, която ще се получи от едно забъркване в смесителната установка в dm^3 ;
- V_K - Обем на коша на бетонобъркачката в dm^3

Рецептурният състав за бетоносмесител с обем на коша V_K се определя въз основа на формулите:

$$Ц_{BET} = \frac{Ц^{II}}{1000} V_{BET}$$

$$B_{BET} = \frac{B^{III}}{1000} V_{BET}$$

$$\Pi_{BET} = \frac{\Pi_W}{1000} V_{BET}$$

$$E_{BET} = \frac{E_W}{1000} V_{BET}$$

където:

- Π_{BET} - Количество на цимента в kg за едно забъркване в бетонобъркачката с обем на коша V_{BET} ;
- V_{BET} - Количество на водата в литри за едно забъркване в бетонобъркачката с обем на коша V_{BET} ;
- Π_{BET} - Количество на пясъка в kg за едно забъркване в бетонобъркачката с обем на коша V_{BET} ;
- E_{BET} - Количество на ЕДМ в kg за едно забъркване в бетонобъркачката с обем на коша V_{BET} ;

Литература:

1. Проектиране състава на бетона към проект за „Ръководство за упражнения по строителни материали“ – автор доц. д-р инж. Б. Петров.
2. БДС EN 206-1:2002 + НА:2008
3. БДС EN 12620:2003 + НА:2008
4. DIN 1045-2