

ТЕМА: Проектиране състава на бетона

Проектирането състава на бетона се състои от четири етапа: предварителен, изчислителен, експериментален и производствен.

1. Предварителен етап.

В предварителния етап се събира информация за характеристиките на бетона и бетонната смес (якост на натиск, консистенция, клас по въздействие на околната среда и други свойства). Трябва да се определи вида и характеристиките на добавъчните материали и свързващото вещество.

1.1. Определяне на клас по въздействие на околната среда

Определянето на класа по въздействие на околната среда се отчита от **Таблица 1**

Означение	Описание на околната среда	Информационни примери, където могат да се срещнат класовете по въздействие
1. Без риск от корозия или агресивно действие		
XO		Бетон във вътрешността на сгради с много ниска влажност на въздуха.
2. Корозия, предизвикана от карбонизация		
XC1	Суша или постоянно под вода	Бетон във вътрешността на сгради 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		
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 и паркинги.
4. Корозия, предизвикана от хлориди в морската вода		
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, пликване и пръскане на морска вода	Части от морски конструкции.
5. Въздействие от замразяване/размразяване		
XF1	Умерено водонасищане без размразяващо вещество	Вертикални бетонови повърхности, изложени на дъжд и замразяване.
XF2	Умерено водонасищане с размразяващо вещество	Вертикални бетонови повърхности на пътни конструкции, изложени на замразяване и аерозоли с размразяващи вещества.
XF3	Силно водонасищане без размразяващо вещество	Хоризонтални бетонови 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. Зона на пликване на морска вода в морски конструкции, подложени на замразяване.
6. Химично агресивно действие		
XA1	Химично слабо агресивна околна среда.	-
XA2	Химично умерено агресивна околна среда.	-
XA3	Химично силно агресивна околна среда.	-

1.2. Определяне на клас по якост на натиск

Класът по якост на натиск се определя от проекта по част "Конструкции" и се сравнява с изискванията за минимален клас на бетона, в зависимост от класа по въздействие на околната среда, съгласно таблица 2.

1.3. Определяне на клас по консистенция на бетоновата смес

Консистенцията на бетоновата смес може да бъде измерена по различни методи, разгледани в упражнение 2: „Свойства на бетонната смес“. Консистенцията на проектния бетон се определя в зависимост от начина на транспортиране на бетоновата смес, наличие и гъстота на армировката, форма на бетонирания елемент, начин на уплътняване и др.

Таблица 3

Клас по слягане	Слягане в mm	Бетонова смес предназначена за:	Начин на полагане	Начина на уплътняване
S1	10 – 40	Неармирани и слабоармирани елементи (фундаменти, язовирни стени и др.)	Самосвал	Вибриране
		Готови стоманобетонни изделия	Самосвал	Вибропресоване
		Пътни настилки	Специални полагащи	Чрез валащи
S2	50 – 90	Масивни стоманобетонни елементи: плочи, греди, колони, шайби и др.	Кюбел	Вибриране
S3	100 – 150	Масивни стоманобетонни елементи: плочи, греди, колони, шайби и др.	Бетонпомпа	Вибриране
S4	160 – 210	Гънки стоманобетонни елементи: плочи, греди, колони, шайби и др.	Бетонпомпа	Вибриране
S5	≥ 220	Бетонова смес с висока подвижност, предназначена за гъсто армирани, гънкостенни стоманобетонни елементи	Бетонпомпа	Самоуплътняване

1.4. Определяне вида и максималната едрина на добавъчния материал

Видът на добавъчния материал може да бъде речен или трошен. В зависимост от вида му ще се наложи да се коригира количеството на водата. Максималният размер на едрия добавъчен материал (ЕДМ) се избира така, че бетоновата смес да не се разслои при транспортиране, а при полагане да премине през бетонопровода и армировката, и да се уплътни с минимални усилия.

Максималният размер на ЕДМ се определя от следните зависимости:

$$d_{\max} \leq \left(\frac{1}{4} \div \frac{1}{5}\right) b \quad b - \text{Минимален размер на напречното сечение на бетонирания елемент или група елементи;}$$

$$d_{\max} \leq \frac{1}{3} D \quad D - \text{Вътрешен диаметър на тръбата на използваната за транспортиране на бетонната смес бетонпомпа;}$$

$$d_{\max} \leq \frac{1}{2} d_{pl} \quad d_{pl} - \text{Дебелина на междуетажната плоча или дебелина на изпълняваната бетонова настилка;}$$

$$d_{\max} \leq \frac{2}{3} a \quad a - \text{Минимално светло разстояние между армировъчните пръти;}$$

$$d_{\max} \leq 1,2 c_1 \quad c_1 - \text{Бетоново покритие на носещата армировка при разположение на прътите в един ред;}$$

$$d_{\max} \leq 0,8 c_2 \quad c_2 - \text{Бетоново покритие на носещата армировка при многоредово разположение на прътите;}$$

След определянето на максималния размер на ЕДМ се избира подходяща фракция с размер по-малък от d_{\max} .

Едрината на пясъка се определя от зърнометрична крива или модула на едрината.

Таблица 2

Класове по въздействие	Максимално В/Ц	Минимален клас по якост на натиск	Мин. съдържание на цимент (kg/m ³)
X0	-	C12/15	-
XC1	0,65	C20/25	260
XC2	0,6	C25/30	280
XC3	0,55	C30/37	280
XC4	0,5	C30/37	300
XS1	0,5	C30/37	300
XS2	0,45	C35/45	320
XS3	0,45	C35/45	340
XD1	0,55	C30/37	300
XD2	0,55	C30/37	300
XD3	0,45	C35/45	320
XF1	0,55	C37/37	300
XF2	0,55	C25/30	300
XF3	0,5	C30/37	320
XF4	0,45	C30/37	340
XA1	0,55	C30/37	300
XA2	0,5	C30/37	320
XA3	0,45	C35/45	360

Таблица 4

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

Таблица 5

Вид на пясъка	Модул на едрината
Едър	3,8–3,3
Среден	3,3–2,6
Ситен	2,6–2,0

1.5. Предварителни проучвания за цимента

Към януари 2013г., трите производителя на цимент в България произвеждат следните цименти:

Девня цимент: CEM II/B-M 32.5; CEM II/B-L 32.5; CEM II/A-L 42.5; CEM I 42.5; CEM I 52.5

Титан: CEM II /B-L 32,5; CEM II /A-L 42,5 R; CEM I 42,5 – SR; CEM I 52,5

Холсим: CEM II / B-LL 32.5; CEM II / A-LL 42.5; CEM I / 52.5

В зависимост от класа на бетона и класа по въздействие на околна среда се определя вид и клас на цимента, който ще се използва.

Таблица 6

Вид цимент			Клас по въздействие																			
			X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XS1	XS2	XS3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3	XM1	XM2
CEMI			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
CEMII	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

2. Изчислителен етап

В изчислителния етап се определят количествата на свързващото вещество, водата, химическите добавки и сухите добавъчните материали, чрез използване на установени емпирични зависимости.

2.1. Определяне на средноаритметичната кубова якост на натиск на бетона

$$f_{cm} = 1,28 \cdot f_{ck,cube}$$

Където:

f_{cm} - Средна изчислителна кубова якост на натиск на бетона в N/mm^2 на 28 дневна възраст за кубични пробни тела с размер на ръба 150 mm

$f_{ck,cube}$ - Минимална характеристична кубова якост на натиск на бетона в N/mm^2 на 28 дневна възраст, определя се в зависимост от класа на бетона по якост на натиск (виж таблица 8)

2.2. Определяне на водоциментовото отношение

Максималното водоциментово отношение w може да се определи чрез емпирични формули, като факторите, от които зависи са: средната якост на натиск на бетона, якостта на цимента и вида на добавъчните материали.



Таблица 7

Клас на бетона	Клас на цимента по якост на натиск		
	32,5	42,5	52,5
C8/10	32,5		
C12/15	32,5	42,5	
C16/20	32,5	42,5	
C20/25	32,5	42,5	52,5
C25/30	32,5	42,5	52,5
C30/37		42,5	52,5
C35/45		42,5	52,5
C40/50			52,5
C45/55			52,5
C50/60			52,5
C55/67			52,5

Таблица 8

Клас по якост на натиск	Минимална характеристична кубова якост $f_{ck,cube}$ (N/mm^2)
C8/10	10
C12/15	15
C16/20	20
C20/25	25
C25/30	30
C30/37	37
C35/45	45
C40/50	50
C45/55	55
C50/60	60

Формула на Болмей:

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

Формула на Ото Граф:

$$f_{cm} = \frac{R_u}{m \cdot w^2}$$

където:

f_{cm} - средна изчислителна кубова якост на натиск на бетона в N/mm^2 на 28 дневна възраст за кубични пробни тела с размер на ръба 150 mm

w – водоциментово отношение

a, a_1 – Коефициент, отчита се от таблица 9

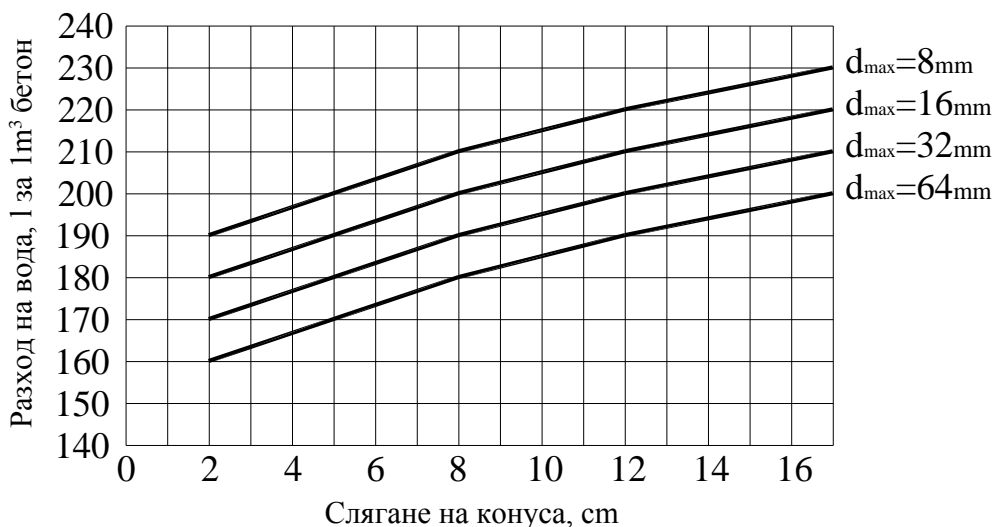
m – коефициент, отчита се от таблица 9

R_u - активност на използвания цимент в N/mm^2

Изчисленото по една от посочените емпирични формули водоциментово отношение се сравнява с максималните стойности, дадени в таблица 2 и при необходимост се редуцира до изискуемите граници.

2.3. Определяне на количеството на водата за $1m^3$ бетонова смес

Количеството на водата в $1m^3$ бетонова смес може да се определи от графика, в зависимост от проектната консистенция и максималния размер на ЕДМ. Отчетеното от графиката количество вода е за бетонова смес приготвена с портландцимент, среднозърнест пясък и речен чакъл с максимално зърно, в зависимост от графиките:



2.4. Определяне на количеството на цимента за $1m^3$ бетонова смес

Количеството на цимента в $1m^3$ бетонова смес се определя от водоциментовото отношение и количеството на водата за $1m^3$ бетонова смес.

$$w = \frac{B}{C} \Rightarrow C = \frac{B}{w} \text{ като се спазва } C \geq C_{min}$$

където:

w – водоциментово отношение

B – количество на водата в литри за $1 m^3$ бетонова смес

C - количество на цимента в kg за $1 m^3$ бетонова смес

C_{min} – минималното количество на цимента в kg за $1 m^3$ бетонова смес за отделните класове на експлоатационно въздействие, дадени в таблица 2

При $C < C_{min}$ се приема минималното количество цимент, като се прави повторно изчисляване за количеството на водата, за да се запази водоциментовото отношение.

Таблица 9

Вид на ЕДМ	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
	m	4,80	5,46	6,37
Трошен камък	a	0,53	0,50	0,48
	a_1	0,35	0,33	0,32
	m	4,40	5,20	6,20

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.

2.5. Определяне на количеството на добавъчните материали за 1m³ бетонова смес

Количеството на добавъчните материали за 1m³ бетонова смес се определя чрез приемането на две предпоставки:

- Сумата от плътните обеми на вложените материали трябва да бъде равна на 1000dm³

$$\frac{Ц}{\rho_{сц}} + \frac{В}{\rho_{св}} + \frac{П}{\rho_{сп}} + \frac{Е}{\rho_{се}} + q = 1000$$

- Празнините между зърната на ЕДМ се запълват с излишък от цименто-пясъчен разтвор.

$$\frac{Ц}{\rho_{сц}} + \frac{В}{\rho_{св}} + \frac{П}{\rho_{сп}} = \alpha \left(1 - \frac{\rho_{оЕ}}{\rho_{сЕ}} \right) \frac{Е}{\rho_{оЕ}} + q$$

$$\alpha = 0,82 + 0,0024.Vt ; \quad Vt = \frac{Ц}{\rho_{сц}} + В$$

В края на изчислителния етап са определени чрез изчисления количествата на цимента, водата, сухия пясък и сух ЕДМ за 1m³ бетонова смес.

3. Експериментален етап

В експерименталния етап се изготвя малко количество бетонна смес, на която се определя консистенцията и се сравнява с характеристиките от предварителния етап и ако не отговаря на проектните стойности се правят корекции до достигане на желаната консистенция. От получената смес се изготвят пробни тела за определяне механичните характеристики на втвърдения бетон. В края на този етап имаме количествата на сухите материали за производството на 1m³ бетонна смес.

3.1. Определяне количествата на отделните материали за изготвяне на бетонова проба

Количеството на отделните материали за пробата се изчислява по формули:

$$Ц_{пр} = \frac{Ц}{1000} V_{пр} ; \quad В_{пр} = \frac{В}{1000} V_{пр} ; \quad П_{пр} = \frac{П}{1000} V_{пр} ; \quad Е_{пр} = \frac{Е}{1000} V_{пр}$$

където:

V_{пр} - обем на лабораторната проба в dm³

Ц_{пр}, В_{пр}, П_{пр}, Е_{пр} - количество на цимента, водата, пясъка и ЕДМ за лабораторната проба в kg

С получените количества се приготвя лабораторен замес, на който се определя консистенцията на сместа, чрез измерване с конуса на Абрамс. Ако консистенцията е по-ниска от проектната, количеството на цимента и водата се увеличава, като се запазва отношението между тях.

Ако консистенцията е по-висока от проектната, количеството на пясъка и ЕДМ се увеличава, като се запазва отношението между тях.

Цимент и вода или пясък и ЕДМ се добавят до получаване на проектната консистенция.

Ц -	Цимент в kg за 1 m ³ бетонова смес
В -	Вода в литри за 1 m ³ бетонова смес
П -	Пясък в kg за 1 m ³ бетонова смес
Е -	ЕДМ в kg за 1 m ³ бетонова смес
ρ _{сц} -	Специфична плътност на цимента в kg/dm ³
ρ _{св} -	Специфична плътност на водата в kg/dm ³ , (приема се 1 kg/dm ³)
ρ _{сп} -	Специфична плътност на пясъка в kg/dm ³
ρ _{се} -	Специфична плътност на ЕДМ в kg/dm ³
ρ _{оЕ} -	Обемна плътност на ЕДМ в kg/dm ³
1000	Обем на бетоновата смес в dm ³
0	
q -	Обем на въздуха в бетоновата смес, приема се 10-15 dm ³
α -	Коефициент на надвишение
Vt -	Обем на циментовата паста

3.2. Определяне новия обем на коригираната проба

След достигане до проектната консистенция е необходимо да се изчисли новия обем на коригираната проба по формулата:

$$V''_{\text{ПР}} = V_{\text{ПР}} + \frac{\Delta C}{\rho_{\text{СЦ}}} + \frac{\Delta B}{\rho_{\text{СВ}}} + \frac{\Delta П}{\rho_{\text{СП}}} + \frac{\Delta E_{\text{ДМ}}}{\rho_{\text{СЕ}}}$$

където:

$V''_{\text{ПР}}$ – коригирания обем на пробата в dm^3

$C_{\text{ПР}}$, $B_{\text{ПР}}$, $П_{\text{ПР}}$, $E_{\text{ПР}}$ - количество на цимента, водата, пясъка и ЕДМ за лабораторната проба в kg

ΔC , ΔB , $\Delta П$, ΔE – добавеното към пробата количество на цимента, водата, пясъка и ЕДМ в kg

3.3. Определяне коригираните количества на материалите

След определянето на коригирания обем на пробата $V_{\text{ПР}}$ е необходимо отново да се изчислят материалите, необходими за забъркване на бетонова смес с обем 1m^3 .

$$C'' = \frac{C_{\text{ПР}} + \Delta C}{V''_{\text{ПР}}} 1000; \quad B'' = \frac{B_{\text{ПР}} + \Delta B}{V''_{\text{ПР}}} 1000;$$
$$П'' = \frac{П_{\text{ПР}} + \Delta П}{V''_{\text{ПР}}} 1000; \quad E'' = \frac{E_{\text{ПР}} + \Delta E}{V''_{\text{ПР}}} 1000$$

където:

C'' , B'' , $П''$, E'' - количество на цимента, водата, пясъка и ЕДМ за 1m^3 бетонова смес в kg, гарантиращи проектната консистенция

В края на експерименталния етап, след направени корекции за гарантиране на проектната консистенция, са определени количествата на цимента, водата, сухия пясък и сух ЕДМ за 1m^3 бетонова смес.

4. Производствен състав на бетона

В производствения етап се определят количествата на материалите, необходими за изготвянето на определен обем готова бетонова смес, като се отчете влажността на добавъчните материали и обема на компонентите в насипно състояние.

4.1.Коригиране на състава при отчитане влажността на добавъчните материали

$$П_{\text{W}} = П'' \left(1 + \frac{W_{\text{П}}}{100}\right); \quad E_{\text{W}} = E'' \left(1 + \frac{W_{\text{E}}}{100}\right)$$

където:

$П_{\text{W}}$, E_{W} - Количество на влажен пясък и ЕДМ за 1m^3 бетонова смес в kg;

$W_{\text{П}}$, W_{E} - Влажност на пясъка и ЕДМ по маса в %;

Изчисляване на водата в пясъка ($B_{\text{П}}$) и водата в ЕДМ (B_{E}) по формулите:

$$B_{\text{П}} = П_{\text{W}} - П''; \quad B_{\text{E}} = E_{\text{W}} - E''$$

При увеличаването на масата на пясъка и ЕДМ със съответното количество на водата, намираща се в него, е необходимо от водата, за направата на 1m^3 бетонова смес B'' , да се извади водата, съдържаща се в пясъка и ЕДМ. Това се прави, за да се запази водоциментовото отношение.

$$B_{\text{H}} = B'' - (B_{\text{П}} + B_{\text{E}})$$

Окончателният производствен състав за 1m^3 бетонова смес е: C'' , B_{H} , $П_{\text{W}}$ и E_{W} .

4.2. Определяне на рецептурен състав

Преди да се хомогенизират материалите за изготвяне на 1m^3 бетонова смес те се изсипват в бетонобъркачката, като обема, който заемат в насипно състояние е значително по-голям. За да се определи количеството на бетона ($V_{\text{БЕТ}}$), което може да се забърка в бетонобъркачка с обем V_K трябва да се изчисли отношението между обема на бетоновата смес (1000dm^3) и обема на материалите в насипно състояние. Това отношение се нарича добивен коефициент (D_K) и се изчислява по формулата:

$$D_K = \frac{1000}{V_{\text{Ц}} + V_{\text{П}} + V_{\text{Е}}} = \frac{1000}{\frac{\text{Ц}''}{\rho_{\text{О,Ц}}} + \frac{\text{П}_W}{\rho_{\text{О,П}}} + \frac{\text{Е}_W}{\rho_{\text{О,Е}}}}$$

където:

D_K – добивен коефициент

$V_{\text{Ц}}, V_{\text{П}}, V_{\text{Е}}$ - общ обем на цимента, пясъка и ЕДМ в насипно състояние в dm^3

$\text{Ц}''$ - количество на цимента за 1m^3 бетонова смес в kg

$\text{П}_W, \text{Е}_W$ - количество на влажен пясък и ЕДМ за 1m^3 бетонова смес в kg ;

$\rho_{\text{О,Ц}}, \rho_{\text{О,П}}, \rho_{\text{О,Е}}$ - обемна плътност на цимента, влажния пясък и ЕДМ 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:

$$V_{\text{БЕТ}} = D_K V_K$$

където:

$V_{\text{БЕТ}}$ - 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 бетонобъркачка с обем на коша V_K се определя чрез просто тройно правило:

$$\text{Ц}_{\text{БЕТ}} = \frac{\text{Ц}''}{1000} V_{\text{БЕТ}}; \text{В}_{\text{БЕТ}} = \frac{\text{В}_H}{1000} V_{\text{БЕТ}}; \text{П}_{\text{БЕТ}} = \frac{\text{П}_W}{1000} V_{\text{БЕТ}}; \text{Е}_{\text{БЕТ}} = \frac{\text{Е}_W}{1000} V_{\text{БЕТ}}$$

$\text{Ц}_{\text{БЕТ}}, \text{В}_{\text{БЕТ}}, \text{П}_{\text{БЕТ}}$ и $\text{Е}_{\text{БЕТ}}$ са окончателните количества на цимента, водата, влажния пясък и ЕДМ за едно забъркване на бетонобъркачка, с обем на коша $V_{\text{БЕТ}}$.

Фигура 1



Фигура 2



Обемът на материалите в насипно състояние за приготвянето на 1000cm^3 готова бетонова смес (фиг.2) е 1600cm^3 (фиг.1). Не е възможно в бетоносмесител с обем 1000dm^3 (1m^3) да се забърка бетонова смес със същия обем, защото при насипване на материалите в бетоносмесителя те няма да могат да се съберат в него.