

ПРОЕКТИРАНЕ НА СЪСТАВА НА БЕТОНА В БЪЛГАРИЯ – ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

Иван Ростовски¹

CONCRETE MIX DESIGN IN BULGARIQ – THEORY AND PRACTICE

Ivan Rostovsky

Abstract:

Concrete mix design is a staged process whose ultimate goal is to obtain a composition per cubic meter that satisfies pre-specified requirements.

The requirements related to fresh and hardened concrete are clarified during the first stage (preliminary stage). The concrete, which expect to satisfy the requirements, prescribed in the first stage composition, is calculated within the second stage. The latter is realized by empirical formulae, tables and graphics. The laboratory check of the concrete mix is performed at the third stage and corrections of the calculated composition are made if it is necessary. The last stage includes the introduction of the composition into regular production and taking into account the actual moisture content of the aggregates. The method described has practically not evolved during the last decades. At the same time, construction chemistry and production facilities have developed to a new level, which will inevitably affect the composition of concrete.

This report describes a comparative study between calculated and actual production concrete compositions from different regions of the country. It is shown that there are significant differences between the calculated quantities of materials and the actual used ones, which can exceed more than 20%. This, in turn, logically raises the question of the relevance of the method used to design the composition of concrete in Bulgaria.

Keywords:

Concrete mix, Concrete, Concrete composition

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Под „проектиране на състава на бетона“ е прието да се разбира количественото определяне на компонентите на бетонната смес – свързващо вещество, добавъчни материали – дребен (пясък) и едър, вода, химични и минерални добавки, влакна и т.н., от които при смесване, полагане и уплътняване се получава един кубичен метър (1 m³) бетон.

¹ Иван Ростовски, доц. д-р инж., катедра „Строителни материали и изолации“, Строителен факултет, Университет по Архитектура, Строителство и Геодезия, София, бул. „Христо Смирненски“ №1, ел, поща: i_rostovsky@abv.bg

Ivan Rostovsky, assoc. prof. eng., PhD, Department of Construction materials and insulations, Faculty of Civil Engineering, University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Sofia, 1 Hristo Smirnenski blv., e-mail: i_rostovsky@abv.bg

Най-често, когато се говори за бетон, се разбира такъв, при който свързващото вещество е цимент. При бетоните на база органични свързващи вещества, например битум и/или синтетични смоли, в състава отсъства водата. Количествата на съставните материали се подбират по начин, който предполага, че от смесването им ще се получи бетонна смес и втвърден бетон с предварително специфицирани показатели на характеристиките – мярка на слягане, диаметър на разстилане, якост, водонепропускливост и др. Определените количества се представят в килограми (kg) за насипните компоненти – цимент, пясък, едър добавъчен материал (ЕДМ), респективно в литри (l или L) – за водата. Масите на добавъчните материали се отнасят за сухо състояние, като в условията реално производство, те се преизчисляват, като се отчита действителната им влажност, при тяхното влагане в смесителя. При съвременните смесителни инсталации, които са снабдени с влагомери, отчитането на влажността на добавъчните материали се извършва в реално време, а корекциите в количествата на добавъчните материали – автоматично.

У нас от десетилетия за целта се използва метода на плътните обеми, който се базира на принцип, известен със същото име. Съгласно цитирания принцип, сумата от плътните обеми на компонентите, въввечения и затворения въздух, е равна на обема на бетонната смес, който се приема за 1m^3 или 1000L [1, 2].

Математическото изражение на този принцип е познато като уравнение на плътните обеми (1):

$$\frac{C}{\rho_{c,c}} + B + \frac{P}{\rho_{c,n}} + \frac{E_m}{\rho_{c,e}} + A = V_{\text{б.см.}} = 1\text{m}^3 = 1000\text{L} \quad (1)$$

където

C , B , P и E_m са масите на цимента, водата, пясъка и едрия добавъчен материал в kg;

$\rho_{c,c}$ – специфична плътност на цимента, kg/m^3 или kg/dm^3 ;

$\rho_{c,n}$ и $\rho_{c,e}$ – обемна плътност на зърната на пясъка и едрия добавъчен материал, kg/m^3 или kg/dm^3 ;

A – обем на въздуха в бетона, приема се в рамките на 10 – 20 литра, за обикновени бетони, без въздуховъвличащи добавки.

Методът на плътните обеми е теоретико – експериментален, етапен, като в рамките на отделните етапи се комбинират познати физични зависимости и данни, получени по експериментален път. Етапите са четири – предварителен, изчислителен, лабораторен и производствен.

2. ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

След направено проучване в различни региони на страната бе установено, че съставите на бетонни смеси, получени чрез изчисление по метода на плътните обеми, който е най-разпространен в българската практика, се отличават съществено от тези, които се прилагат в масовото производство. Това налага сериозно преосмисляне и актуализиране на методиката, в частта ѝ попадаща в рамките на изчислителния етап, тъй като в сегашния си вид тя на практика става безполезна. В подкрепа на тази теза е достатъчно да се посочи един аргумент – употребата на химични добавки, която не е предвидена при определяне на състава на бетона.

В следващите страници ще бъде направен сравнителен анализ между множество състави на проектен бетон, получени по изчисление и такива, които се произвеждат и влагат трайно в строителството, получени от различни комбинации съставни материали. Сравнението обхваща най-масово употребяваните класове по якост на натиск – от C12/15 до C35/45, с клас по слягане S3 (слягане от 100 до 150 mm). При определяне на състава ще се отчита единствено изискването по отношение на якостта на натиск.

2.1. БЕТОН С12/15, S3

Данни за съставните материали:

- цимент –СЕМ II 42.5 В-М N. Якост на натиск на цимента $f_{cem} = 45.0 \text{ N/mm}^2$, специфична плътност – $\rho_{c,u} = 3000 \text{ kg/m}^3$;
- естествен речен пясък 0/4 mm. Обемна плътност на пясъка в свободно насипано състояние $\rho_{o,n} = 1520 \text{ kg/m}^3$, специфична плътност на пясъка $\rho_{c,n} = 2640 \text{ kg/m}^3$, абсорбция на вода на пясъка $WA_{24,n} = 0.6\%$. Пясъкът е среден.
- речен чакъл - обемна плътност на чакъла в свободно насипано състояние $\rho_{o,e} = 1510 \text{ kg/m}^3$, специфична плътност - $\rho_{c,e} = 2640 \text{ kg/m}^3$, абсорбция на вода на - $WA_{24,e} = 0.85\%$;
- естествен трошен камък. Доломитизиран варовик, обемна плътност на трошения камък в свободно насипано състояние $\rho_{o,e} = 1470 \text{ kg/m}^3$, специфична плътност - $\rho_{c,e} = 2800 \text{ kg/m}^3$, абсорбция на вода на - $WA_{24,e} = 0.5\%$

Изчислен състав на база речен чакъл:

Определяне на проектната якост на натиск на бетона:

$$f_{cm} \approx 1.3 \cdot f_{ck,б\text{е}} \approx 1.3 \cdot 15 = 19,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (2)$$

Определяне на водоциментното отношение:

$$f_{cm} = \frac{f_{cem}}{m \cdot w^2} \rightarrow w = \sqrt{\frac{f_{cem}}{m \cdot f_{cm}}} = \sqrt{\frac{45,0}{5,46 \cdot 19,5}} = 0.65 \quad (3)$$

$$f_{cm} = a \cdot f_{cem} \left(\frac{1}{w} - 0,5 \right) \rightarrow w = \frac{a \cdot f_{cem}}{f_{cm} + 0,5 a f_{cem}} = \frac{0,47 \cdot 45,0}{19,5 + 0,50 \cdot 0,47 \cdot 45,0} = 0.70 \quad (4)$$

Избрано е водоциментно отношение $w = 0.67$.

Прието е слягане на бетонната смес от 150 mm.

От графика е отчетено количество на водата в бетонната смес $B_{омч.} = 213 \text{ l}$.

Корекциите в количеството на направната вода са:

$$B = B_{омч.} + \Delta B_n + \Delta B_{мр.к.} + \Delta B_{ш\text{шц}} = 213 - 0 + 0 + 0 = 213 \text{ l} \quad (5)$$

Количеството на цимента в състава на бетона е:

$$Ц = \frac{B}{w} = \frac{213}{0,67} = 317,9 \approx 320 \text{ kg} \quad (6)$$

За количествата на добавъчните материали се получава:

$$\frac{Ц}{\rho_{c,u}} + B + \frac{П}{\rho_{c,n}} + \frac{E_M}{\rho_{c,e}} + A = V_{б.см.} = 1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L} \Rightarrow \frac{320}{3,0} + 213 + \frac{П}{2,64} + \frac{E_M}{2,64} + 15 = 1000 \quad (7)$$

$$\frac{П}{\rho_{o,n}} = \alpha \frac{E_M}{\rho_{o,e}} \left(1 - \frac{\rho_{o,e}}{\rho_{c,e}} \right) \Rightarrow \frac{П}{1,52} = 1,2 * \frac{E_M}{1,51} \left(1 - \frac{1,51}{2,64} \right) \quad (8)$$

При което се получава $П = 600 \text{ kg}$ и $E_M = 1160 \text{ kg}$

Проверка:

$$\frac{Ц}{\rho_{c,u}} + B + \frac{П}{\rho_{c,n}} + \frac{E_M}{\rho_{c,e}} + A = V_{б.см.} = 1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L} \Rightarrow \frac{320}{3,00} + 213 + \frac{600}{2,64} + \frac{1160}{2,64} + 15 = 1001,3 \approx 1000 \quad (9)$$

Окончателния, изчисленият състав на бетонната смес е:

$Ц = 320 \text{ kg}$, $B = 213 \text{ l}$; $П = 600 \text{ kg}$, $E_M = 1160 \text{ kg}$, въздух в бетона 1,5%.

Производственият състав на бетона за 1 m^3 е:

- Цимент клас 42,5 – 260 kg;
- Пясък речен, среден – 880 kg;

- Речен чакъл* – 990 kg;
- Химична добавка (обикновен суперпластификатор) – 2,6 kg;
- Вода (сондажна) – 190 l;
- Съдържание на въздух ~1,5 – 1,7 %
- Отношение В/Ц = 0,73

*За отбелязване е обстоятелството, че устойчивостта на дробимост при статично натоварване на речния чакъл е над 20%. Поради относително ниския клас на бетона, въпреки високата дробимост, получените резултати за якостта на натиск са в рамките на нормалното ($f_{cm} = 20.4 \text{ N/mm}^2$; $S = 2.3 \text{ N/mm}^2$; $f_{ck.cube} = 16.7 \text{ N/mm}^2$).

2.2. БЕТОН С16/20, S3

След аналогични изчисления, както в т.3, изчисленият състав на бетонната смес е: $Ц = 374 \text{ kg}$, $В = 213 \text{ l}$; $П = 580 \text{ kg}$, $E_m = 1125 \text{ kg}$, въздух в бетона 1,5%.

Производственият състав на същия клас по якост на натиск бетон за 1 m^3 е:

- Цимент клас 42,5 – 280 kg;
- Пясък речен, среден – 860 kg;
- Речен чакъл* – 975 kg;
- Химична добавка (обикновен суперпластификатор) – 2,7 kg;
- Вода (сондажна) – 190 l;
- Съдържание на въздух ~1,5 – 1,7 %
- Отношение В/Ц = 0,69

След едногодишен период на наблюдение, от изпитване на пробни тела, взети от производството са получени следните обобщени характеристики за втвърдения бетон - $f_{cm} = 24,3 \text{ N/mm}^2$; $S = 2.5 \text{ N/mm}^2$; $f_{ck.cube} = 20,2 \text{ N/mm}^2$.

2.3. БЕТОН С20/25, S3

За производството на бетона се използва трошен камък. След проведени изчисления, окончателния, изчислен състав на бетонната смес е:

$Ц = 423 \text{ kg}$, $В = 220 \text{ l}$; $П = 635 \text{ kg}$, $E_m = 1075 \text{ kg}$, въздух в бетона 1,5%.

Производственият състав на бетона за 1 m^3 е:

- Цимент клас 42,5 – 305 kg;
- Пясък речен, среден – 865 kg;
- Трошен камък (4/22,4 mm) – 1060 kg;
- Химична добавка (обикновен суперпластификатор) – 3.05 kg;
- Вода (сондажна) – 190 l;
- Съдържание на въздух ~1,5 – 1,7 %
- Отношение В/Ц = 0,62

След едногодишен период на наблюдение, от изпитване на пробни тела, взети от производството са получени следните обобщени характеристики за втвърдения бетон - $f_{cm} = 31,7 \text{ N/mm}^2$; $S = 2,7 \text{ N/mm}^2$; $f_{ck.cube} = 27,3 \text{ N/mm}^2$.

2.4. БЕТОН С25/30, S3

За производството на бетон, с проектен клас по якост на натиск С25/30 са използвани съставните материали, посочени в т.5 (както за клас С20/25).

Окончателния, изчислен състав на бетонната смес е:

$Ц = 478 \text{ kg}$, $В = 220 \text{ l}$; $П = 615 \text{ kg}$, $E_m = 1045 \text{ kg}$, въздух в бетона 1,5%.

Действителния състав на бетона, използван при неговото производство за 1 m^3 е:

- Цимент клас 42,5 – 330 kg;

- Пясък речен, среден – 850 kg;
- Трошен камък (4/22,4 mm) – 1010 kg;
- Химична добавка (обикновен суперпластификатор) – 3.3 kg;
- Вода (сондажна) – 190 l;
- Съдържание на въздух ~1,5 – 1,7 %
- Отношение В/Ц = 0,58

Резултатите, от изпитване на бетона, с посочения по-горе състав за период от една година имат следните обобщени показатели – $f_{cm} = 37,8 \text{ N/mm}^2$; $S = 2,8 \text{ N/mm}^2$; $f_{ck.cube} = 33,3 \text{ N/mm}^2$.

2.5. БЕТОН C28/35*, S3

Изчисления състав на бетона, за който е използвана действащата методика, залегнала в учебния план на студентите от УАСГ е:

$C = 524 \text{ kg}$, $B = 220 \text{ l}$; $P = 600 \text{ kg}$, $E_m = 1020 \text{ kg}$, въздух в бетона 1,5%.

Производственият състав на бетона е:

- Цимент клас 42,5 – 350 kg;
- Пясък речен, среден – 830 kg;
- Трошен камък (4/22,4 mm) – 1010 kg;
- Химична добавка (обикновен суперпластификатор) – 3.5 kg;
- Вода (сондажна) – 190 l;
- Съдържание на въздух ~1,5 – 1,7 %
- Отношение В/Ц = 0,54

За период от една година са получени следните обобщени характеристиките на бетона – $f_{cm} = 39,7 \text{ N/mm}^2$; $S = 2,0 \text{ N/mm}^2$; $f_{ck.cube} = 36,4 \text{ N/mm}^2$.

Въз основа на експерименталните резултати, може да се изчислят коефициентите m и a от формулите на Отто-Граф и Болемей, като се използват уравненията (10) и (11):

$$m = \frac{f_{cem}}{f_{cm} \cdot w^2} \quad (10)$$

$$w = \frac{a \cdot f_{cem}}{f_{cm} + 0.5a f_{cem}} \quad (11)$$

В таблица 1 е представено сравнение между изчислителните и производствените състави на бетоните.

Таблица 1. Изчислителни и производствени състави на бетони клас от C12/15 до C28/35

Вид и количество на съставните материали, kg/l		Проектен клас на бетона по якост на натиск:				
		C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C28/35
Цимент	По изчисление	320	374	423	478	524
	Реално вложено	260	280	305	330	350
	Разлика	- 60	- 94	- 118	- 148	- 174
Пясък	По изчисление	600	580	635	615	600
	Реално вложено	880	860	860	850	830
	Разлика	+ 280	+ 280	+ 225	+ 235	+ 230
Едър добавъчен материал	По изчисление	1160	1125	1075	1045	1020
	Реално вложено	990	975	1025	1045	1010
	Разлика	- 170	- 150	- 50	0	- 10

Вода	По изчисление	213	213	220	220	220
	Реално вложено ^a	190	190	190	190	190
Отношение W/C	По изчисление	0,63	0,57	0,52	0,48	0,42
	Действително	0,73	0,69	0,62	0,58	0,54
	Разлика	+ 0,10	+ 0,12	+ 0,10	+ 0,10	+ 0,12

^a – реално вложеното количество на водата е по-малко от определеното по изчисление, тъй като при всички състави от реалното производство е използвана обикновена силноводонамаляваща химична добавка

2.6. ИЗВОДИ

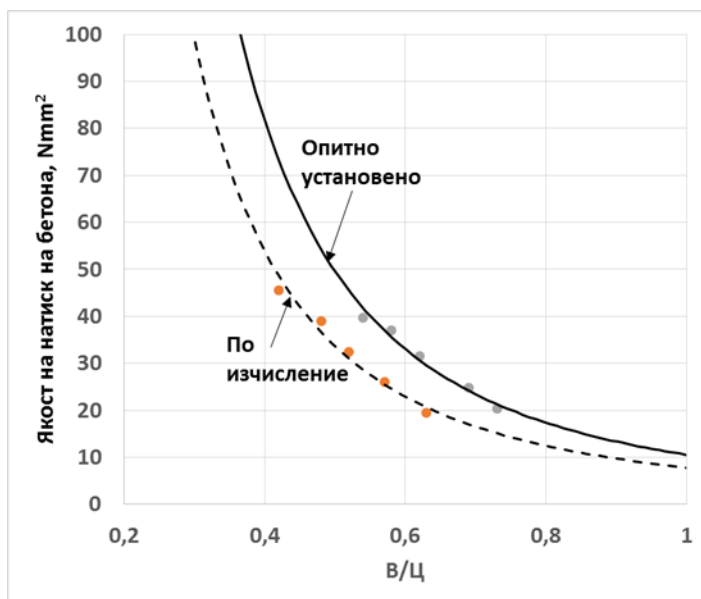
Показаните по-горе състави на бетона са изготвени с материали от региона около гр. София. Получените резултати позволяват да се направят следните по-важни изводи:

- количеството на цимента от производствените състави е чувствително по-малко (с около 25 – 33%), в сравнение с необходимото по изчисления. Разликата се увеличава с нарастване на проектната якост на бетона, изразена чрез класа по якост на натиск. Допълнително трябва да се отчете, че за производството е използван смесен портландцимент (СЕМ II), противен случай разликата би била още по-значителна (с около 20 kg цимент повече);
- количеството на пясъка в производствените състави е с около 1/3 повече от това в изчисленията. Това е продиктувано от изискването за лесно изпомпване на бетонната смес. Както вече бе отбелязано във вида на метода на плътните обеми, който е залегнал в учебната програма не се отчита начина на полагане на сместа, освен при избора на консистенция. Изчислените състави, особено при по-ниските класове (С12/15 и С16/20), много трудно ще могат да се изпомпват с бутална бетонпомпа;
- логично, количеството на едрия добавъчен материал в производствените състави е по-ниско от това в изчисленията. С увеличаване на проектната якост на бетона, разликата между действително вложеното и изчисленото количество намалява, което е логично, предвид увеличаващата се разлика в съдържанието на цимент, като при това общият обем на съставните материали трябва да остане 1 m³;
- количеството на направната вода при производствените състави е с около 15% по-ниско от това на изчисленията, което се дължи на употребата на силноводонамаляваща химична добавка, което е по-скоро правило, отколкото изключение при съвременното производство на бетон. Съпоставката на графиките и/или таблиците, които се използват при определянето на количеството на направната вода в бетона в отделните държави, показват относително малки разлики. Освен това е налице видимо добра корелация между изчислени и производствени състави;
- отношението вода:цимент по маса в производствените състави е много по-високо, отколкото в изчисленията, като при това са покрити минималните изисквания към характеристичната якост на бетона. Тук също трябва да се подчертае, че се работи с цимент тип СЕМ II А, който съдържа клинкер обикновено в рамките на 80 – 85%. При използване на тип СЕМ I, разликата между изчислената и реалната стойност на отношението В/Ц ще се увеличи.

Връзката между якостта на натиск на бетона и отношението В/Ц по маса е показана в графичен вид на фиг.1.

Подобни разлики се получават и при по-високи класове на бетона, при различни комбинации от съставни материали – с използване на цимент, летяща пепел, естествен трошен пясък и др. Това може да се обясни с получаване на по-ниско водоциментно

отношение от формулите на Отто-Граф и Боломей, в сравнение с това, при което се получава реалната проектна якост на бетона при редовно производство. На свой ред, по-ниското водоциментно отношение води до по-високо количество на цимента. Наложително е, коефициентите m и a , във формулите да се променят, така, че да отразяват свойствата на съставните материали към настоящия момент.



Фигура 1 Зависимост между отношението Вода/Цимент (по маса) в състава на бетона и якостта на натиск

3. БЕТОНИ, ПРОИЗВЕДЕНИ С ИЗПОЛЗВАНЕ НА ТРОШЕН ПЯСЪК

Като цяло може да се каже, че въпреки леко увеличената водопотребност при естествените трошени пясъци, при бетона не се наблюдава намаляване на якостта, нещо повече, в повечето случаи има повишение. Вероятното обяснение за това може да бъде:

- грапава повърхност на частиците, която гарантира по-добро сцепление с циментовата паста;
- добра химична съвместимост с цимента, тъй като повечето трошени пясъци са от карбонатни скални породи;
- благоприятен зърнометричен състав, който осигурява плътна структура на скелета от добавъчни материали. В някои случаи, като например при находище „Студена“, обемната плътност на пясъка в свободно насипано състояние надхвърля 1700 kg/m^3 , което е много рядко срещано при речен пясък;
- за съжаление реките в България са сравнително малки и често замръзват, това неминуемо води до прогресивно отслабване на структурата на зърната на речните пясъци, което на свой ред се отразява върху механичните свойства на бетона. Това негативно влияние се избягва при естествените трошени пясъци, особено, когато те са добити от здрави, плътни скални породи.

Трошеният камък за производството на бетоните от таблицата по-горе е с високи механични показатели – дробимост при статично натоварване $< 7\%$, висока плътност – около 2850 kg/m^3 и ниска абсорбция на вода $WA_{24} < 0.2\%$. Естественият трошен пясък е от същата скална порода, както камъка и се произвежда съвместно с него. Както е видно, при по-ниските класове бетони (до 30/37), количеството на пясъка е по-високо от това на трошения камък. Подобно съотношение се наблюдава често, когато за направя на бетона

се използва едър пясък. Количеството на естествения речен пясък в състава на смесите е около 15 – 20%, срещу 80 – 85% за трошения.

Друга зависимост, която прави впечатление е, че коефициентите m и a , които участват във формулите на Отто-Граф и Боломей приемат стойности, които са съответно по-ниски и по-високи от приетите. Подобна констатация бе направена и в т.7.

Таблица 2. Изчислителни и производствени състави на бетони клас от C20/25 до C50/60

Вид и количество на съставните материали, kg/l		Проектен клас на бетона по якост на натиск:					
		C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C50/60
Цимент СЕМ I 52,5 R и летяща пепел	По изчисление	423	478	540	-	-	-
	Реално вложено	305	330	370	400	440	525
	Разлика	- 118	- 148	- 170	-	-	-
Естествен речен и трошен пясък 0/4 mm	По изчисление	635	615	600	-	-	-
	Реално вложено	1000	970	920	880	850	750
	Разлика	+ 375	+ 355	+ 320	-	-	-
Трошен камък, фракции 4/11,2 и 11,2/22,4 mm	По изчисление	985	955	930	-	-	-
	Реално вложено	900	900	920	910	920	920
	Разлика	- 85	- 55	-10	-	-	-
Вода	По изчисление	220	220	220	-	-	-
	Реално вложено ^a	175	175	175	175	175	175
Отношение W/C _m	По изчисление	0,52	0,48	0,41	-	-	-
	Действително	0,57	0,53	0,47	0,44	0,40	0,33
	Разлика	+ 0,05	+ 0,05	+ 0,06	-	-	-
Якост на натиск f_{cm} , N/mm ²		33.6	38.2	46.1	51.8	60.7	68.5
Коефициент m (Отто - Граф) ^b		4,40	4,47	4,72	4,78	4,94	6,44
Коефициент a/a_1 (Боломей) ^c		0,56	0,57	0,59	0,61	0,63	0,40 ^b

^a – реално вложеното количество на водата е по-малко от определеното по изчисление, тъй като при всички състави от реалното производство е използвана обикновена водонамаляваща химична добавка и силноводонамаляваща добавка на основа поликарбоната;

^b – стойностите на коефициентите m и a са изчислени въз основа на сумарното количество цимент + летяща пепел;

^c – коефициент a_1 .

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведените примери с производствени състави, при които се ползват съставни материали с различен произход и свойства категорично показват тенденции, които биха могли да се обобщят както следва:

- по изчисление, като се използва популярната методика, застъпена и в учебните програми - въз основа на отчетеното количество на направната вода и водоциментното отношение, от което се очаква, че ще се получи бетон с якост на натиск равна на проектната, се получава количество на цимента, което е значително по-високо, с до 33%, от това, което се влага реално в производството на бетонни смеси;

- разликата, която се получава между изчисленото количество на цимента и реално вложеното такова се увеличава с нарастване на проектната якост на бетона, изразена чрез класа по якост на натиск. Ако се вземат под внимание случаите, когато производството се използва смесен портландцимент (СЕМ II), разликата е още по-значителна;

- количеството на пясъка, което се изчислява като функция от обема на празнините между зърната на едрия добавъчен материал се различава силно от необходимото, с оглед безпроблемно полагане на бетонната смес чрез бетонпомпи, а това са около 90% от възможните случаи. На практика, все още използваната методика води до получаване на бетонни смеси, които са негодни за работа с бетонпомпи и може да се прилагат при бетониране директно от автобетоносмесители или за бетони със земновлажна консистенция;

- количеството на едрия добавъчен материал (ЕДМ) в производствените състави е по-ниско от това в изчисленията, като с увеличаване на проектната якост на бетона, разликата между действително вложеното и изчисленото количество на ЕДМ намалява;

- не се отчита едрината на добавъчния материал, изразена чрез D_{upper} и D_{lower} , при определяне на количеството на пясъка. Нормално, при намаляване на максималния размер на ЕДМ, относителния дял на пясъка се увеличава и обратно;
- наличието на плоски и продълговати зърна в състава на добавъчните материали, което обикновено се задава с индекс на плоски частици (FI) и коефициент на формата (SI) води до увеличаване на междузърнестата порьозност на добавъчните материали, което се компенсира с нарастване на количествата на цимента и пясъка;
- не се отчита изискването с увеличаване на подвижността на бетонната смес да нараства относителното участие на пясъка в състава на добавъчните материали, тъй като трябва да се гарантира компактност и хомогенност на бетонната смес;
- не е включена възможността за употреба на естествен трошен пясък при производството на бетонни смеси или комбинация от речен и трошен пясък;
- при положение, че не се използват водонамаляващи и/или силноводонамаляващи химични добавки, количеството на направната вода, отчетено от таблици и графики е близко до това, което се влага в производствени условия;
- не се отчита възможността за употреба на химични добавки – предимно водонамаляващи и/или силноводонамаляващи, които в момента имат относителен дял близък до 100% от пазара на химични добавки в България;
- отношението вода:цимент по маса в производствените състави е по-високо, отколкото в изчисленията, като тази разлика постепенно намалява с влошаване на показателите на свойствата на добавъчните материали (по-ниска якост, по-висока абсорбция на вода и др.);

Вземайки под внимание изброеното по-горе, може да се направи обосновано заключение, че използваната в момента методика за определяне на състава на бетона е непълна по отношение на редица фактори, оказващо влияние върху свойствата на пресния и втвърдения бетон. Получените по изчисления състави на бетони се различават съществено от тези, с които се работи при масовото производство. Всичко това налага сериозно актуализиране на методиката, с цел да се доближат съставите на бетоните получени по изчисление и тези в практиката. Като в същото време се спазват изискванията за максимално водоциментно отношение, минимално количество на цимента, минимален проектен клас по якост на натиск, технология на полагане на бетонната смес и др.

Споменатата по-горе актуализация се отнася за етапа на предварителни проучвания и изчислителния етап от проектирането на състава на бетона, при лабораторния и производствения етап промяна не се очаква.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Даракчиев. Б и др., Ръководство за упражнения по строителни материали, Техника, 1990г., Код 03 9534672511/4805-524-90, изд. №15844.;
- [2] Ростовски И., Проектиране на състава на бетона – критичен анализ на метода на плътните обеми, като част от учебната програма, Годишник на УАСГ, Том 5X, 2020, Брой X (под печат);