

Глава V

ПЛАСМЕНТ НА ГОТОВАТА ПРОДУКЦИЯ

5.1. Характеристика на готовата продукция

Бетонна смес

Състав и структура. Бетонната смес представлява рационална по състав и качествено произведена смес от цимент, фракции за бетон и вода, която е възможно да бъде транспортирана, положена и уплътнена по технологично приетите начини.

Съставът на бетонната смес зависи от материалите за нейното производство. Тук основно се разглежда фазовия състав на бетонната смес. Фазовия състав се изразява с количественото участие на трите фази твърда (цимент и фракции), течна (вода) и газообразна (въздух). След смесването тя може да се разглежда като двуфазна (табл.5.1), структурирана дисперсна система с дисперсна среда – циментна паста и дисперсна фаза – фракции (пясък и чакъл). От своя страна циментната паста представлява висококонцентрирана и структурирана дисперсна система с дисперсна среда – вода и твърда фаза – цимент и частиците от въздух, ако се разглеждат като част от пастата.

Таблица 5.1
Фазов състав на бетонната смес

Твърда фаза		→	Фракции	Фракции
Течна фаза	Суспензия	Дисперсна среда	Вода	Циментна паста
		Дисперсна фаза	Цимент	
Газообразна фаза		→	Въздух	

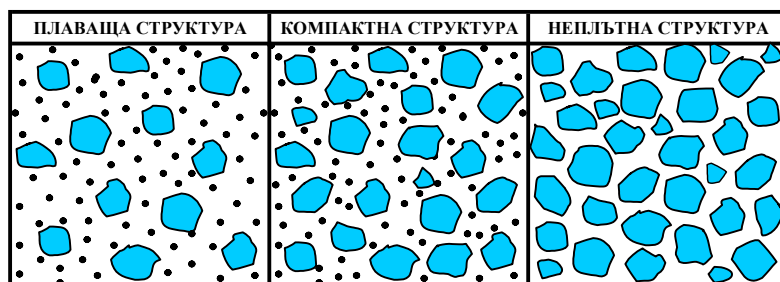
Очевидно е, че свойствата на бетонната смес зависят от свойствата на циментната паста, от качествата на фракциите и от количественото съотношение на пастата и фракциите за бетон.

Казано по друг начин, свойствата на бетонната смес могат да се изменят:

- чрез промени в циментната паста (количество на водата, вид на цимента, използване на специални добавки и др.);
- чрез промени във фракциите (максимална едрина на зърната, зърнометричен състав, количество на пясъка, форма на зърната и др.);
- чрез едновременни промени и в циментната паста, и във фракциите.

Бетонната смес има конгломератна макроструктура, определена от количествата на материалите. Структурта на една система се характеризира с елементите, от които е изградена; свойствата на тези елементи и връзките между тях. В зависимост от отношението между циментната паста и фракциите може да се определят три типа структури [9] на бетонната смес (фиг. 5.1).

Плаваща структура. Зърната на фракциите са разположени на значително разстояние едно от друго и практически не взаимодействат помежду си. Зърната оказват влияние само в контактния слой с циментната паста, а сумарното им действие е право пропорционално на тяхното количество и специфичната им повърхнина. Тук от решаващо значение са свойствата на цимента. Реологическите свойства се определят със зависимости характерни за вискозна течност. Количествата на водата и цимента са големи, а въздуха е относително малко. Такава структура имат циментно-пясъчните бетони с повишен разход на цимент.



Фиг. 5.1. Видове структури на бетонната смес

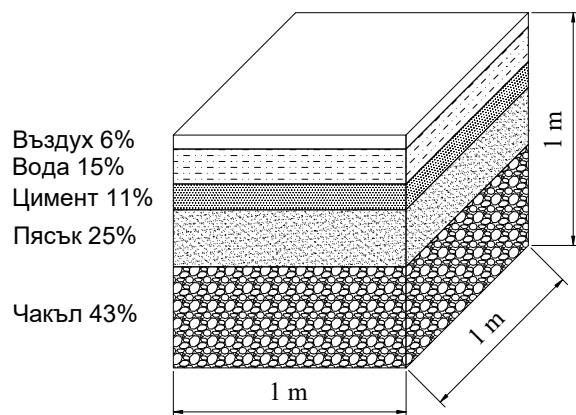
Компактна структура. Количеството на циментната паста е по-малко и само запълва празнините между зърната на фракциите и създава тънка обвивка по тях. При това възниква триене между зърната на фракциите и необходимост от допълнително усилие при уплътняването. Фракциите и триенето между тях оказват влияние върху бетонната смес при тази структура. При смесването се въвлеча определено количество въздух, който увеличава обема на циментната паста, при което се запълват празнините между зърната на фракциите. Такава структура имат обикновените бетонни смеси.

Неплътна структура. Количеството на циментната паста е малко. То само обвива зърната на фракциите с тънък слой, а празнините между зърната са запълнени частично. Фракциите оказват силно влияние и реологичните свойства се описват с отчитане силите на вътрешно триене. Обема на въвлечения въздух при смесването се увеличава и се образуват пори и шупли. Такава структура имат безпясъчните бетони и някои постни строителни разтвори.

Физични свойства на бетонната смес. От физическа гледна точка бетонната смес се разглежда като плътен обем (фиг.5.2), получен от обема на водата, обема на частиците на цимента, обема на зърната на фракциите (чакъла и пясъка) и обема на въздуха, който неизбежно се въвлеча при смесването или се вкарва със специални добавки.

Съдържание на въздух. В процеса на смесване в бетонната смес се въвлеча определено количество въздух, което се увеличава с използването

на въздуховъвличащи добавки. Въздухът въвлечен в бетонната смес значително подобрява някои свойства на сместа и на втвърдения бетон, като мразоустойчивост. За подобряване на мразоустойчивостта въвлечения въздух е необходимо да бъде диспергиран на фини мехурчета. От друга страна увеличението на въздуха в бетонната смес намалява якостите на бетона. По тази причина съществува определено оптимално количество въздух от порядъка на 4-6%, което зависи от количеството на цимента, водата и едрата фракция.



Фиг. 5.2. Обемен модел на бетонната смес

Обемна плътност. Под обемна плътност (маса) се разбира масата бетонна смес (m_c) на единица обем (V_o) в естествено състояние (заедно с празнините).

$$\rho_{oc} = \frac{m_c}{V_o}, \quad \text{kg/m}^3 \quad (5.1)$$

Обемната плътност се използва за изчисляване на транспортните и подемно-транспортни средства, използвани в технологията на бетонните работи.

Плътност (специфична плътност или маса). Плътността е масата на бетонна смес (m_c) на единица плътен обем (V) (без порите и празнините).

$$\rho_c = \frac{m_c}{V}, \quad \text{kg/m}^3 \quad (5.2)$$

Плътността на бетонната смес се определя въз основа на плътностите на отделните компоненти по следната формула:

$$\rho_c = \frac{m_{ce} + m_{fa} + m_{ca} + m_w}{\frac{m_{ce}}{\rho_{ce}} + \frac{m_{fa}}{\rho_{fa}} + \frac{m_{ca}}{\rho_{ca}} + m_w}, \quad \text{kg/m}^3 \quad (5.3)$$

където m_{ce} , m_{fa} , m_{ca} , m_w , са съответно масите на цимента, фините фракции (пясъка), едрите фракции (чакъл, трошен камък) и водата, kg;

$\rho_{ce}, \rho_{fa}, \rho_{ca}$ -плътностите (специфичните маси) на цимента, пясъка и чакъла.

Плътността се използва при определяне на състава на бетона. Теоретичната плътност на бетонната смес трябва да съвпада с фактическата. Това зависи от степента на уплътнение на бетонната смес. Качеството на уплътнената бетонна смес се оценява с коефициента на уплътнение, който представлява отношение между фактическа (ρ'_c) и теоретическа (ρ_c) плътност

$$k_c = \frac{\rho'_c}{\rho_c} \quad (5.4)$$

Обикновено стремежа е да се получи коефициент $k_c \approx 1$, но поради въвлечение на въздух в бетонната смес при уплътняване и други причини $k_c = 0,96...0,98$.

При бетонната смес разликата между плътността и обемната плътност е незначителна и тяхната стойност е около 2300 kg/m^3 .

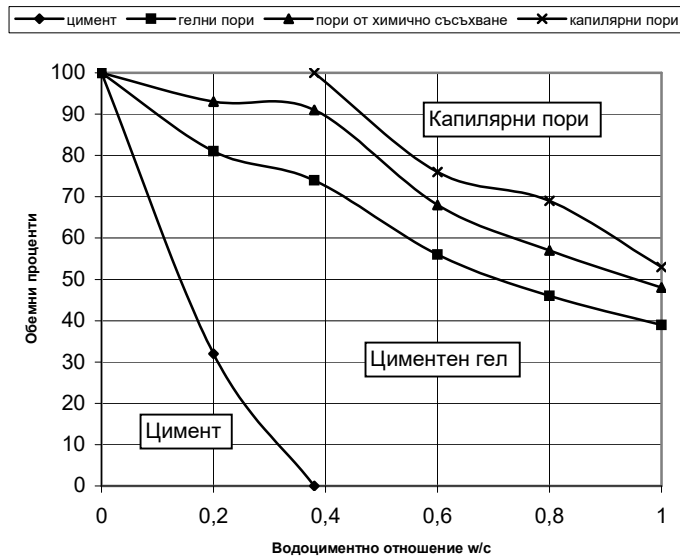
Водоотделяне. Водоотделянето в бетонната смес е резултат на седиментацията на по-тежките минерални и циментни частици и е нежелателно явление в практиката. Изключение правят някои специфични технологии на уплътняване на бетонната смес като вакуумиране и центрофугиране. Наличието на повече вода в бетонната смес води до нейното отделяне на повърхността на бетонираните конструкции и елементи.

Химични свойства на бетонната смес. Химичните свойства най-общо отразяват способността и степента на активност на материала за химическо взаимодействие с различни вещества от външната среда, и освен това способността им да съхраняват постоянен състав и структура в условията на инертна околна среда. При бетонните смеси характерен химически процес е **хидратацията**. Под хидратация на цимента се разбира реакция на клинкерните минерали с водата, при което се получават хидратни новообразувания, представляващи кристали с колоидна дисперсност. Процеса на хидратация се нарича още гелообразуване, а продуктите на хидратация - гел.

При хидратацията на цимента е необходима така наречената "гелна" вода, която е в повече от химически необходимата за този процес. Необходимото количество на тази вода е около 38% от теглото на цимента. При увеличаване количеството на водата започват да се образуват капилярни пори. При химичните процеси се образуват и пори от съсъхване. На фиг. 5.3. са дадени примерни обемни проценти елементите на хидратацията при различно количество вода. Вижда се че съотношението на масата на цимента и масата на водата в значителна степен определят структурата на хидратацията, поради което съотношението

$$\frac{\text{маса на водата } m_w}{\text{маса на цимента } m_{ce}} = \text{водоциментно отношение (w/c)}$$

наречено “водоциментно” има определящо значение в технологията на бетона.



Фиг. 5.3. Структурни елементи на хидратацията на цимента

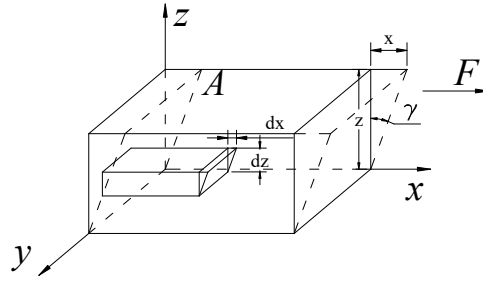
Хидратацията като химичен процес представлява химични реакции на минералите на клинкера при които се отделя топлина. Това трябва да се има пред вид при технологията на т.н. масови бетони, където отделеното количество топлина е значително.

Скоростта на процеса на хидратация зависи от:

- ситност на смилане на цимента;
- минералния състав на клинкера;
- количеството на водата;
- температура на средата;
- използване на добавки.

Механични свойства на бетонната смес. Бетонната смес след нейното производство се подлага на различни механични въздействия при транспорт, дозиране, уплътняване (вибриране, пресоване, центрофугиране и др.). Поведението ѝ под действието на натоварване се изучава от науката **реология**. Реологията изучава деформационните свойства на материалите. Тя изяснява закона, на който се подчинява материала при действие на него на просто деформиращо усилие, стойностите на коефициентите (реологични константи), участващи в аналитическата форма на закона за деформациите и тяхната връзка със състава на дисперсната система.

Деформациите са от опън (натиск), срязване, усукване и др. При несвиваеми дисперсни системи, каквато е бетонната смес, основна може да се счита деформацията на срязване, като останалите се представят с различни комбинации на този основен вид деформация. Количествена мярка на срязването може да се установи с деформацията на модел на правоъгълен паралелепипед (фиг. 5.4).



Фиг. 5.4. Схема на деформация на образец

Деформиращото усилие F е приложено по допирателната на горната повърхност на паралелепипед с площ A . Долната повърхност е закрепена неподвижно. Деформацията на материала трябва да изразим с величина, независеща от неговата форма и размери, а именно

$$\gamma = \frac{dx}{dz} \quad (5.5)$$

Скоростта на деформация

$$\dot{\gamma} = \frac{d\gamma}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{dx}{dz} \right) \quad (5.6)$$

в този случай се явява скорост на срязване. Тъй като времето t и координатата z – са независими променливи, то като сменим реда на диференциране ще получим

$$\dot{\gamma} = \frac{d}{dz} \left(\frac{dx}{dt} \right) = \frac{du}{dz} \quad (5.7)$$

т.е. скоростта на деформация при чисто срязване е равен на градиента на скоростта на раздвижване

$$u = \frac{dx}{dt} \quad (5.8)$$

Реологичните закони трябва да установят връзка между напрежение и деформация или скоростта на деформация.

При невибрирана бетонна смес, реологията ѝ се описва с уравнението на Бингам:

$$\tau - \tau_o = \eta \cdot \dot{\gamma} = \eta \frac{du}{dz} \quad (5.9)$$

от тук

$$\tau = \tau_o + \eta \frac{du}{dz} \quad (5.10)$$

където τ е напрежението на срязване;

τ_o - гранично напрежение на срязване;

η - пластичен (остатъчен) вискозитет, който може да се разглежда като коефициент на пропорционалност между напрежение и скорост на деформацията на срязване.

Това уравнение описва поведението на бетонната смес при тръбопроводен транспорт с бетонпомпи и при полагане на подвижни смес по безвибрационни методи. При вибриране на бетонната смес началната ѝ структура се разрушава и граничното напрежение на срязване е много малко ($\tau_0 \approx 0$). В този случай поведението на бетонната смес с достатъчна степен на точност може да се опише с уравнението на Нютон за течности (при ламинарно изтичане)

$$\tau = \eta \frac{du}{dz} \quad (5.11)$$

С повишаване съдържанието в бетонната смес на едрите фракции и намаляване съдържанието на вода или отсъствието на непрекъсната среда от циментна паста съпротивлението на срязване значително се увеличава. За описанието на такива смеси се използва законът на Кулон за свързани почви, където вътрешното сухо триене между зърната определя напрежението на срязване

$$\tau = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi + c \quad (5.12)$$

където

φ е ъгъл на вътрешно триене или $\operatorname{tg} \varphi$ - коефициент на вътрешно триене.

c – параметър наречен кохезия (сцепление).

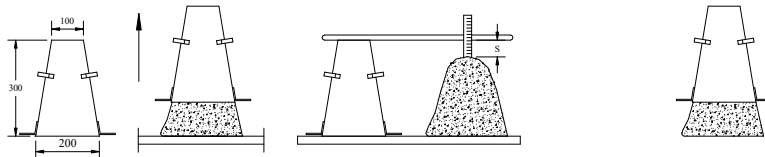
Представените реологични модели са полезни при решаване на технологични задачи за транспорт на бетонни смеси, изсипване от бункери и кубели, формоване на изделия и др. Но практика обаче, особено при проектиране състава на бетона предназначен за дадена технология е необходимо да се предвидят определени реологични параметри, определени с достатъчна практическа точност и достъпни методи. За целта се използват ориентировъчни оценки отразени в технологичните свойства.

Технологични свойства на бетонната смес. За извършване на бетонови работи и осигуряване на високо качество на бетона в конструкции и изделия е необходимо бетонната смес да има подвижност, съответстваща на условията на нейното полагане. Тази подвижност варира в доста големи граници от полусуха до течна и стандартно се определя с понятието консистенция.

Консистенция. Бетонната смес трябва да има определена подвижност (обработваемост), т.е. да може да запълва дадена форма и да се уплътнява по приетия метод. Това ѝ свойство най-общо се характеризира със стандартния термин “консистенция”. У нас се прилагат две норми за

нейното измерване: мярка на слягане с конуса на Абрамс (сантиметри) и време за слягане (секунди) в технически вибровискозиметър.

Мярката на слягане се използва при бетонни смеси, които могат да слягат под действие на силата на собственото тегло. Устройството за определяне мярката на слягане се състои от метална платформа с размери 700x700 mm; стоманена пръчка с диаметър 16 mm и дължина 600 mm със заоблен край и пресечен конус от стоманена ламарина. Конусът има размери показани на фиг. 5.5.



Фиг. 5.5. Определяне мярката на слягане на бетонна смес

След напълването и щиковането на три пласта конусът се вдига внимателно нагоре и се измерва слягането на бетонната смес S . Този конус се използва при бетонни смеси с диаметър на максималното зърно до 40 mm.

При бетонни смеси с малко водоциментно отношение слягане на конуса почти не се забелязва. Такива смеси могат да се полагат и уплътняват под действие на външни въздействия. Обикновено тези смеси се наричат “земновлажни”. За характеризирание на техните свойства се използва вибровискозиметър който определя тяхната подвижност при вибриране изразена чрез времето на слягане.

БДС EN 206-1 определя четири класа на бетонната смес по консистенция (табл.5.2).

Разслояване. Под разслояване на бетонната смес се разбира преразпределение на нейните частици под влияние на силата на теглото или външно въздействие. При това частиците на едрите фракции потъват надолу при което сместа се уплътнява в долната част на кофражната форма или кофража на конструкция, а излишната вода отива нагоре или остава под зърната на едрата фракция. Подобно явление в обемите между зърната на фракциите следват и циментните зърна само, че много по бавно (поради много малкото си тегло).

Разслояване може да се получи и при полагане и уплътняване на бетонната смес. Продължителното вибриране предизвиква втечняване на сместа и способства за разслояването.

Разслояването зависи и от структурата на бетонната смес (фиг. 5.1). По-голяма склонност към разслояване имат смесите от първата структура, а по-малка – смесите с оптимална структура от втори тип. Склонността към разслояване се увеличава с повишаване на разхода на вода и водоциментното отношение. Разслояването предизвикано от потъването на едрите фракции и отделянето на вода на повърхността на положения бетон, често може да се наблюдава визуално.

Таблица 5.2
Класове на бетонната смес по консистенция

Класове по слягане		Класове по Vebe	
Клас	Слягане в mm	Клас	Време по Vebe в секунди
S1	10 до 40	V0	>31
S2	50 до 90	V1	30 до 21
S3	100 до 150	V2	20 до 11
S4	160 до 210	V3	10 до 6
S5	>220	V4	5 до 3
Класове по степен на уплътняване		Класове по диаметър на разстилане	
Клас	Степен на уплътняване	Клас	Диаметър на разстилане в mm
C0	>1,46	F1	<340
C1	1,45 до 1,26	F2	350 до 410
C2	1,25 до 1,11	F3	420 до 480
C3	1,10 до 1,04	F4	490 до 550
		F5	560 до 620
		F6	>630

Втвърден бетон

Класификация, състав и текстура на бетона. Втвърдения бетон е уплътнена бетонна смес, в която е започнала хидратацията на цимента и циментната паста се преобразува в циментен камък. Тъй като това е непрекъснат процес, поставянето на всякакви граници е условно. От практическа гледна точка се приема, че при нормалните цименти и при нормално отлежаване (температура и влага) 24 часа след забъркването му бетонът от клас по якост на натиск В10 и по-голям може да се разглежда като твърдо тяло, а дотогава – като псевдотвърдо тяло [102]. Така под **втвърден бетон** ще се разбира бетон на възраст най-малко 24 часа (при нормално отлежаване), а на по-малка възраст ще се нарича **пресен бетон**.

Бетоните могат да се класифицират по различни признаци. Основно за класификационни признаци се използват вида и количеството на материалите за бетон, условията на втвърдяване и условията на работа на втвърдения бетон. Класификацията на бетоните съгласно БДС 7268-83 и дадена в табл. 5.3, а според БДС EN 206-1:2002 – в приложение 24.

Различните условия на полагане и различните методи за уплътняване на бетонната смес в строителното производство се отразяват преди всичко на структурата и текстурата на втвърдения бетон.

Таблица 5.3
Класификация на бетоните

Класификационен признак	Видове бетони по БДС 7268-84
Структура	<ol style="list-style-type: none"> Бетон с плътна структура - пространството между зърната на пълнителите е запълнено с циментово тесто и обемът на порите на бетона е по-малък от 6%; Бетон с неплътна структура – пространството между зърната на пълнителите е запълнено с циментово тесто, порьозирано чрез пено-или газообразуватели, или чрез въздуховъвличащи добавки, като обемът на порите е повече от 6%; Безпясъчен бетон (бетон с едропореста структура) – пространството между зърната на едрия пълнител е запълнено само частично с циментово тесто или цименто-пясъчен разтвор, в който масата на пясъка е до 10% от масата на едрия пълнител
Обемна маса	<ol style="list-style-type: none"> Лек бетон – 500 – 1800 kg/m³ Олекотен бетон – 1800 – 2200 kg/m³ Обикновен бетон – 2200 – 2500 kg/m³ Тежък бетон – над 2500 kg/m³
Вид на пълнителите	<ol style="list-style-type: none"> Бетон с плътни пълнители Бетон с леки (порьозни) пълнители
Максимално зърно на едрия пълнител	<ol style="list-style-type: none"> Дребнозърнест – с максимално зърно до 10 mm включително; Среднозърнест – с максимално зърно от 10 до 40 mm включително; Едрозърнест – с максимално зърно от 40 до 140 mm включително
Условия на втвърдяване	<ol style="list-style-type: none"> Нормално втвърден – при естествени атмосферни условия; Топлинно обработен – ускорено втвърдяване при повишена температура (над 40°C) при атмосферно налягане; Автоклавен – обработен топлинно при повишено налягане (обикновено от 0,8 до 1,2 МПа)
Вид на окръжаващата среда	<ol style="list-style-type: none"> Група I – бетони, които нямат пряк допир с вода, защитени са от прякото въздействие на атмосферните условия и не са подложени на действието на температури над 100 °C (373 K); Група II – бетони, които са постоянно под вода или имат пряк допир с вода и не са изложени на прякото въздействие на атмосферните условия или на отрицателни температури; Група III – бетони, които са на открито под прякото въздействие на атмосферните условия и не са подложени на действието на положителни температури над 100 °C (373 K); Група IV – бетони, които имат пряк допир с вода (подложени са на променливо намокряне и изсушаване) и са изложени на прякото въздействие на атмосферните условия.

Текстурата на бетона се определя от пространственото разположение на компонентите – фракции, циментен камък и пори, които изграждат бетона и начина, по който те запълват пространството. Текстурата на бетона зависи от взаимното разположение и разпределение на съставните елементи по причина както на хидратацията на цимента, така и на външни въздействия (уплътняване на бетона); запълване на пространството от компонентите и накрая от формата на компонентите в това число и на циментния камък [135].

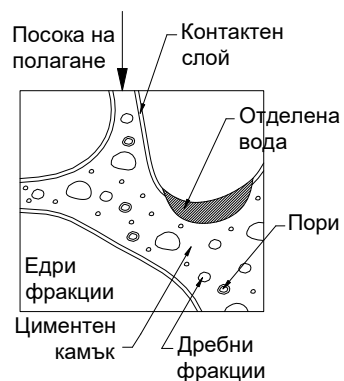
Изхождайки от това строежа на отделните компоненти може да се изрази с термина структура на всеки един от тях, а тяхното оформяне в изкуствен камък се нарича текстура на бетона.

В този случай под структура на компонентите на бетона ще се разбират особеностите на вътрешните им елементи, техните свойства и връзки.

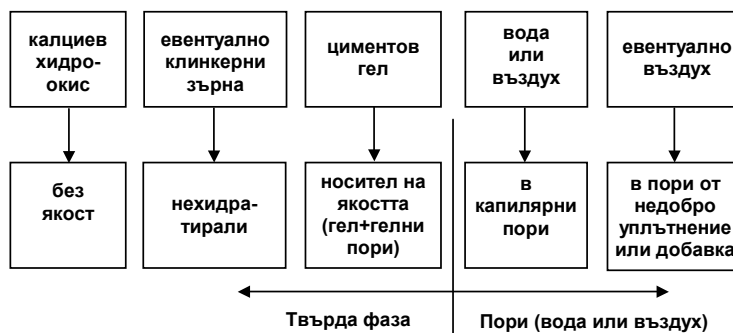
В бетона се разглеждат основно три елемента на текстурата (фиг. 5.6), а именно циментен камък, фракции и контактен слой, със своя строеж и структура.

Циментния камък представлява минерално лепило, свързващо зърната на фракциите. Като такова то трябва да притежава достатъчна собствена якост и добро сцепление с фракциите за бетон.

Свойствата на циментния камък зависят от количеството и качеството на новообразуваните минерали и обема на порите. Фазовия състав на циментния камък зависи от химико-минералния състав на портландцимента, водоциментното отношение, температурата на втвърдяване и използваните добавки. Циментния камък се състои от твърда фаза и пори, съдържащи вода или въздух (фиг. 5.7).



Фиг. 5.6. Компоненти на текстурата на бетона



Фиг. 5.7. Структура на циментния камък

Фракциите за бетон трябва да имат качество, съответстващо на необходимите свойства на бетона (обемна маса, якост, мразоустойчивост и др.). Каменните фракции в зависимост от произхода си имат определена петрографска структура

Зърната трябва да имат добро сцепление с циментния камък, което налага ограничаване съдържанието на вредни примеси. Тези ограничения са особено строги за мразоустойчиви и високоякостни бетони.

Особено важна технологична и структурна характеристика на фракциите е тяхната водопотребност. За намокряне повърхността на зърната се изразходва част от направната вода и реално структурата на цимент неа камък се формира при по-малко водоциментно отношение от изходното. Водопотребността на фракциите се увеличава с увеличаване на

сумарната повърхност на зърната и по тази причина е най-голяма при ситния пясък (табл. 5.4).

Фракциите, като отнемат част от водата, оказват влияние на реологическите и технически свойства на бетонната смес, а следователно и на технологията на формиране на текстурата на бетона и структурата на циментния камък. Освен това, в процеса на втвърдяване на бетона, водата намокряща зърната на фракциите участва във формирането на контактния слой.

При полагане на подвижни смеси може да стане вътрешно водоотделяне и водата да се натрупа под зърната на едрата фракция, при което отслабва връзката между едрата фракция и циментния камък. По продължение на слабата зона се появяват вътрешни пукнатини от съсъхване. Вътрешното разслояване нарушава монолитността и еднородността на бетона и води до анизотропност на механичните свойства. При вземане на проба чрез ядки от втвърден бетон трябва да се отчита посоката на неговото полагане.

Контактния слой между циментния камък и зърната на фракциите в значителна степен определя монолитността, пропускливостта и устойчивостта на бетона. От него зависи работата на бетона като едно цяло. Широчината на контактния слой се определя от редица фактори. Ускореното втвърдяване на бетона чрез топлинна обработка, като правило увеличава контактния слой.

Контактния слой се състои от контактна зона с циментния камък и контактна зона със зърната на фракциите. По своя състав и свойства контактния слой се различава от циментния камък. На повърхността на зърната се образуват кристали от калциев хидроокис и калциев карбонат.

Леда, образуващ се в порите на бетона се явява като елемент на неговата текстура при определени условия на работа. Образуването на лед в порите, запълнени с вода, предизвиква деструктивни процеси. Веднъж появил се в порите на бетона, леда здраво замразява стените на порите и влияе на свойствата на бетона. Увеличаването на обема на твърдата фаза в единица обем от бетона закономерно е съпроводено с повишаване на якостта, нарастване на статичния модул на еластичност и намаляване на линейните деформации на натиск и опън при натиск. Леда променя не само механичните, но и топлофизични свойства на бетона: топлопроводност, топлопоглъщане, топлинна разширение и др. Температурния коефициент на линейно разширение на леда е от 5 до 7 пъти по-голям от този на бетона, при което температурното разширение на бетона нараства.

Таблица 5.4
Водопотребност на каменни фракции за бетон

Видове фракции	Водопотребност % (по маса)
Чакъл	1-4
Трошен камък -гранит -варовик	2-6 5-10
Пясък -едър -среден -ситен -много ситен	4-6 6-8 8-10 над 10

Якостни свойства на бетона. Важно свойство на бетона при неговата работа в конструкциите е якостта. Под якост се разбира способност на материала да се съпротивлява срещу разрушаване от действието на вътрешни напрежения, породени от външно натоварване или други фактори. Бетона в конструкциите може да изпитва различни вътрешни напрежения: натиск, опън, огъване, срязване и усукване. Основно бетона работи на натиск, а останалите напрежения се поемат от армировката. В някои конструкции като настилки бетона трябва да поема и напрежения на опън при огъване.

Якост на натиск. Якостта на натиск на бетона е негова основна якостна характеристика. За правилно определяне състава на бетона е важно да се знае как зависи неговата якост от качествата на цимента и фракциите, смесъчното отношение и други фактори. Якостта на бетона в определен период от време след неговото полагане и втвърдяване при нормални условия зависи главно от якостта на цимента и водоциментното отношение.

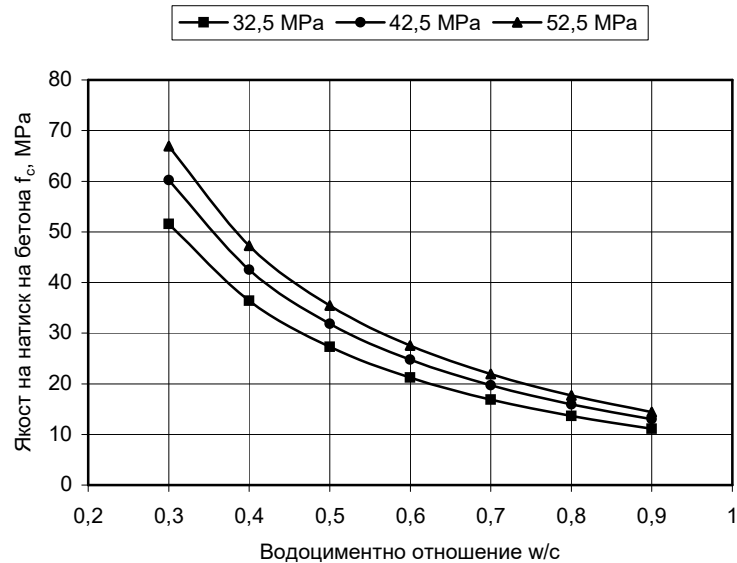
Под водоциментно отношение се разбира отношението на масата на водата към масата на цимента в прясно приготвената бетонна смес, при което се взема само свободната, а не погълнатата от фракциите вода.

Якостта на бетона се повишава с повишаване якостта на цимента или намаляване на водоциментното отношение. Тази зависимост може да се изрази с формулата:

$$f_c = \frac{f_{ce}}{a(w/c)^n} \quad (5.13)$$

където f_c е якостта на натиск на бетона на 28 ден при нормално отлежаване; f_{ce} - якост на цимента; a и n - коефициенти отчитащи влиянието на фракциите и други фактори; w/c – водоциментно отношение.

Зависимостта на якостта на бетона от водоциментното отношение произтича от физическата същност на формиране на структурата на бетона и графически се изобразява във вид на хиперболични криви (фиг.5.8). За нормалната хидратация на цимента са необходими около 15 ... 25% вода от неговата маса. За да може бетонната смес да се обработва, в нея се слага вода значително повече (40 ... 70% от масата на цимента, $w/c=0,4 \dots 0,7$), тъй като при $w/c=0,2$ бетонната смес е почти суха и трудно се смесва и полага. Излишната вода, която не влиза в реакции с цимента, остава в бетона във вид на водни пори и капиляри или се изпарява, образувайки въздушни пори. Наличието на пори в бетона намалява неговата якост и колкото са повече порите, т.е. колкото е по високо w/c , толкова е по ниска якостта. По такъв начин закона за водоциментното отношение, отразява зависимостта на якостта на бетона от неговата плътност или порьозност.

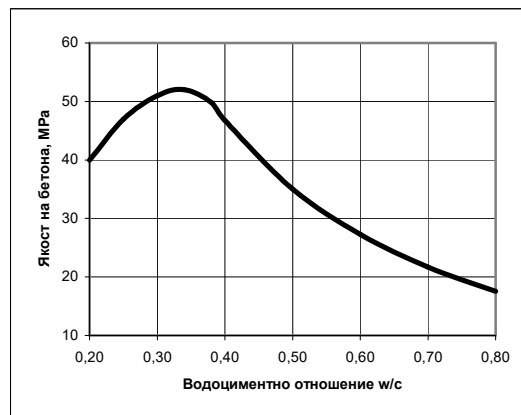


Фиг. 5.8. Зависимост на якостта на бетона от w/c и f_{ce}

Зависимостта на якостта на бетона от водоциментното отношение е валидна в определени граници. При много ниски водоциментни отношения, даже при повишен разход на цимент и вода, не може да се получи необходима консистенция за обработка на бетонната смес и необходима плътност на бетона. По тази причина зависимостта $f_c = \phi(w/c)$ се нарушава: с намаляване на w/c якостта на бетона не се увеличава, а даже започва да намалява (фиг. 5.9). Сnižението на якостта се дължи на факта, че за хидратация на цимента е необходим излишък на вода около 2 ... 3 пъти от необходимото количество, което непосредствено влиза във взаимодействие с цимента. Рязкото намаляване на този излишък от вода забавя процесите на хидратация, което води до намаляване якостта на бетон

За определяне състава на бетона у нас [102] се използва следната зависимост за якостта на бетона:

$$f_c = a \cdot f_{ce} \left(\frac{1}{w/c} - 0.5 \right) \quad (5.14)$$



Фиг. 5.9. Обща крива на якостта на бетона от w/c

където a е коефициент, който зависи от вида на фракциите и от якостта на цимента (вж. табл. 2.9).

При проектиране на конструкции якостта на бетона се характеризира с понятието клас на бетона по якост на натиск. Класът на бетона се определя като величина гарантираща якост на натиск с обезпеченост 0,95.

На практика се контролира средната якост на бетона на натиск. Между класа на бетона и неговата средна якост съществува следната зависимост:

$$B = f_{cm} (1 - k.V) \quad (5.15)$$

където B е клас на бетона по якост на натиск; МРа; f_{cm} – средна якост на бетона на натиск, МРа; $k = 1,64$ - коефициент, приет при проектирането осигуряващ класа на бетона със сигурност 95%; $V = 13,5\%$ - коефициент на вариация на якостта на бетона. При тези данни може да се изчисли средната якост, която осигурява даден клас на бетона $f_{cm} = B / 0,778$.

Специфициране на бетона

Общи положения. Специфицирането е процес на теоретично изчисляване на състава на бетона и неговата първоначална проверка. Специфицирането има за цел да се определи такъв разход на материали за 1 m³ бетонна смес, при което да се гарантират техническите изисквания към бетонната смес (за транспорт и полагане) и втвърдения бетон съобразно изискванията на формованата конструкция, елемент или изделие.

В зависимост от това кой извършва специфицирането на бетона различаваме:

☞ **проектен бетон** (бетон със зададени свойства) – бетон, за който изискваните свойства и допълнителни характеристики са зададени на производителя, отговорен за осигуряване на съответствие на бетона с изискваните свойства и допълнителните характеристики;

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

☞ **стандартно предписан бетон** – предписан бетон, чийто състав е даден в стандарт, валиден за мястото на използване на бетона.

Процеса на специфициране на бетона е свързан с решаването на редица въпроси като:

- определяне на условията при които ще работи бетона в процеса на експлоатация на строителната конструкция;
- избор и предписване на физико-механичните характеристики на бетона (якост, водонепропускливост, плътност, мразоустойчивост);
- избор на материалите за бетон (вид и якост на цимента, фракции за бетон и размер на максималното зърно, видове добавки и оцветители при необходимост);

- избор на технология и организация на бетонните работи или на формоване на елементи и изделия;
- определяне състава на бетона и съответни лабораторни проверки.

При съвременното производство на бетонни смеси материалите се дозират по маса и състава на бетонната смес се изразява във вид на разход на материали в kg за 1 m³ уплътнена бетонна смес. Допуска се количеството на водата и течните добавки в бетона да се изразяват в литри.

В проектните документации се дават ограничени изисквания към бетона. Обикновено в проектите се дава класа на бетона по якост и ако е необходимо водонепропускливост и мразоустойчивост. Необходимо е обаче да се отчитат повече фактори свързани с условията на работа на бетона. Това е довело до оценка на въздействието на околната среда и съответни групи или класове на бетона.

Основното изискване към втвърдения бетон е за якост, което се изразява чрез класове.

Бетонната смес трябва да има такива параметри, главно обработваемост, които да позволяват тя да се транспортира, полага и уплътнява с минимални разходи на енергия. Като мярка на обработваемостта в нашите стандарти са приети различни мерки (вж. т.5.1)

Вида на цимента се избира от предназначението на стоманобетонната конструкция и влиянията на околната среда. Марката на цимента основно се определя от необходимата якост на бетона.

Каменните фракции за бетон заемат около 2/3 от общия обем на единица бетонна смес. Те оказват влияние на бетонната смес и бетона със своя зърнометричен състав и съотношението между пясъка и едрите фракции. Основен параметър на едрите фракции е диаметъра на максималното зърно. Той се лимитира от геометрията на бетонираната конструкция, гъстотата на армировката, използване на бетонпомпа и др.

Определяне на състав на бетона. Състава на бетона се определя по теоретично път. Той предварително се изчислява по някой от известните теоретични методи (метод на плътните обеми, метод на специфичните повърхнини, структурно-критерийни методи, кибернетичен подход и комплексен подход). У нас е популярен метода на плътните обеми. Използвайки формулите на метода, се определят количествата на цимента, фината фракция, едрата фракция и водата.

Определяне на водоциментното отношение (w/c). От зависимостта (2.14) между характеристичната якост на бетона (f_{ck}), характеристичната якост на цимента (f_{ce}), вида на пълнителите (a) и водоциментното отношение (w/c) се определя водоциментното отношение:

$$w/c = \frac{a \cdot f_{ce}}{f_{ck} + 0,5 \cdot a \cdot f_{ce}}; \quad (5.16)$$

Стойностите на коефициентите a зависят от вида на каменните фракции и класа по якост на натиск на цимента (табл. 5.5).

Определяне на количеството на водата (m_w). Количеството на водата трябва да осигурява необходимата консистенция на бетонната смес. При това се използват графики или таблици за количеството вода в зависимост от консистенцията и размерът на максималното зърно на едрия пълнител. От анализиранияте тези таблици се установяват следните приблизителни зависимости за необходимото количество на водата.

Количеството на водата в зависимост от мярката на слягане и диаметъра на максималното зърно има вида:

$$m_{w0}(s) = A + 5,5s - 0,12s^2 \quad \text{за } 0 \leq s \leq 12, \text{ cm} \quad (5.17)$$

Количеството на водата в зависимост от времето за слягане и диаметъра на максималното зърно има вида:

$$m_{w0}(z) = B - 0,85z \quad \text{за } 10 \leq z \leq 90, \text{ s} \quad (5.18)$$

Коефициентите A и B зависят от диаметъра на максималното зърно и стойностите им са дадени в табл. 5.6.

Формулите са разработени при определени изходни условия: НГ на цимента 28%, среден пясък с модул на едрината $FM=2,9$ и едра каменна фракция чакъл. При промяна на тези условия се правят необходимите корекции в количеството на водата съгласно данните от табл. 5.7.

Количеството на водата с отчитане на необходимите корекции се определя по формулата:

$$m_w = m_{w0} + \sum \Delta m_w, \quad \text{l/m}^3 \quad (5.19)$$

Определяне количеството на цимента (m_{ce}). С

определеното водоциментно отношение и изчислената водопотребност на бетонната смес се изчислява ориентировъчния разход на цимента в kg , за 1m^3 бетон, по формулата

Таблица 5.5
Стойности на коефициента a

Вид на едрите фракции	Характеристична якост на цимента, f_{ce}		
	32,5	42,5	52,5
Чакъл	0,56	0,50	0,45
Трошен камък	0,62	0,53	0,46

Таблица 5.6
Стойности на коефициентите A и B

D_{max}	A	B
10	177	198
15	170	187
20	164	181
30	158	173
40	150	167
60	144	160

Таблица 5.7
Изменение на количеството на водата

Материал	Увеличение на водата $+\Delta m_w, \text{l/m}^3$	Намаление на водата $-\Delta m_w, \text{l/m}^3$
Трошен камък	10	-
Едър пясък	-	5
Дребен пясък	5	-
При разход на цимент на всеки 10 kg над 350 kg/m^3	1	-

$$m_{ce} = \frac{m_w}{w/c} \geq m_{ce\min}, \quad \text{kg} \quad (5.20)$$

Ако полученото количество на цимента е по-малко от минимално необходимото по БДС 7268-83 (табл.5.8) се преминава към по-нисък клас на цимента. Ако това не е възможно се приема минималното количество на цимента и се произчислява количеството на водата.

Определяне количеството на фракциите ($m_a = m_{fa} + m_{ca}$). След като са известни количествата на водата и цимента, общото количество на фракциите се изчислява по формулата за плътните обеми.

Плътният обем на бетонната смес в 1 m^3 (1000 dm^3) е равен на сумата от плътните обеми на цимента, фините фракции, едрите фракции и водата:

$$\frac{m_{ce}}{\rho_{ce}} + \frac{m_{fa}}{\rho_{fa}} + \frac{m_{ca}}{\rho_{ca}} + m_w = 1000 \quad (5.21)$$

където m_{ce} , m_{fa} , m_{ca} , m_w са масите (kg) в 1 m^3 бетонна смес съответно на цимента, фината, едрата фракция и водата;

ρ_{ce} , ρ_{fa} и ρ_{ca} - плътностите (kg/m^3) съответно на цимента, фината и едрата фракция.

Като се приеме, че плътностите на фините и едрите фракции са равни, т.е.

$\rho_{fa} = \rho_{ca} = \rho_a$, и общото количество на пълнителите ($m_a + m_{fa} + m_{ca}$), то формулата за плътните обеми добива вида

$$\frac{m_{ce}}{\rho_{ce}} + \frac{m_a}{\rho_a} + m_w = 1000 \quad (5.22)$$

От тук се определя общото количество на фракциите

$$m_a = \left(1000 - \frac{m_{ce}}{\rho_{ce}} - m_w \right) \rho_a, \quad \text{kg.} \quad (5.23)$$

Разделянето на това количество на количеството на пясъка и съответно на едра фракция се извършва главно по два начина. Един от разпространените начини е този, че количеството на пясъка трябва да бъде равно на количеството, необходимо за запълване на обема на порите на едрата фракция, при което се използва коефициент на раздвижване. От практическа гледна точка се използва определено съотношение между дребната и едра фракция (табл.5.9).

Таблица 5.8
Минимални количества цимент за 1 m^3 бетон

Групи на бетона по БДС 7268-83	Минимално количество цимент, kg, за 1 m^3 готов бетон	
	армирани конструкции	неармирани конструкции
I	230	не се нормира
II	270	не се нормира
III	270	250
IV	300	300

Таблица. 5.9
Стойности на коефициента k_r

Консистенция		w/c	k_r
S, cm	Z, s		
15	-	0.65	0.37
10	-	0.60	0.36
6	-	0.56	0.35
2	15	0.50	0.33
0	25	0.46	0.32
-	50	0.40	0.31
-	75	0.36	0.30

При това количеството на пясъка и едрата фракция ще се определят по формулите:

$$m_{fa} = k_r \cdot m_a, \quad \text{kg} \quad (5.24)$$

$$m_{ca} = m_a - m_{fa}, \quad \text{kg.} \quad (5.25)$$

Предварителна проверка на теоретичния състав.

Предварителната проверка се извършва за доказване на пригодността на всеки теоретично изчислен състав за достигане на специфицираната якост с конкретните материали и условията на производството на дадена бетоносмесителна система.

Допуска се предварителна проверка да не се извършва, ако има опитни данни в лабораторията, упълномощена за извършване на държавни изпитвания, че специфицираният състав осигурява изискванията по консистенция и якост.

За всеки специфициран състав се забъркват най-малко пет отделни замеса при зададената консистенция на бетонната смес. Материалите за приготвяне на бетона за всеки замес трябва да бъдат от различни партии. От всеки замес се взема проба, като се измерва консистенцията и се приготвят по три пробни тела.

Проектният състав е пригоден, ако средноаритметичната и минималната единична якост на бетона, отговарят на изискванията, както следва:

- при клас по якост на натиск

$$f_{cm} \geq 1,36 \cdot B + 2, \text{ МПа}; f_{ci, \min} \geq 1,16 \cdot B, \text{ МПа}$$

- при клас по якост на опън или опън при огъване

$$f_{cm} \geq 1,40 \cdot B_{o(o\sigma)}, \text{ МПа}; f_{ci, \min} \geq 1,2 \cdot B_{o(o\sigma)}, \text{ МПа}$$

където

$$f_{cm} = \frac{1}{n} \sum_1^n f_{ci} - \text{средноаритметичната стойност на якостите, получени}$$

при изпитването на пробните тела;

f_{ci} - якостта на отделното пробно тяло;

$f_{ci, \min}$ - най-малката единична якост, получена при изпитването на

всички пробни тела;

B - числената стойност на класа на бетона по якост на натиск съгласно БДС 7268-83;

$B_{o(o\sigma)}$ - числената стойност на класа на бетона по якост на опън или опън при огъване съгласно БДС 7268-83;

n - общият брой на изпитваните пробни тела от всички замеси.

При производството на бетонни смеси трябва да се определи състава на бетона за едно забъркване в бетоносмесителя. За целта е необходимо да се изчисли така наречения добивен коефициент. Той представлява отношение на плътния обем на бетонната смес към сумата от обемите на цимента и фракциите в естествено състояние

$$r = \frac{1000}{\frac{m_{ce}}{\rho_{oce}} + \frac{m_{fa}}{\rho_{ofa}} + \frac{m_{ca}}{\rho_{oca}}} \quad (5.26)$$

Обемът на бетонната смес, който ще се получи при едно забъркване (замес) в смесител с работен обем на барабана u , е $q = u \cdot r$.

Необходимите количества материали за този обем бетонна смес се определят пропорционално на количествата от проектирания състав за 1m^3 бетонна смес.

5.2. Същност на пласмента. Дистрибуция

Пласментът е процес на управление на материални потоци по осигуряване и реализирането на готовия продукт т.е. представлява съвкупност от функции (дейности, процедури) по продажбата на произведените бетонни смеси.

Тези функции се групират в две основни направления – функции по **физическата дистрибуция** и функции по **информацията** за бетонните смеси и бетоните.

В зависимост от обхвата на включените в пласмента функции и техните приоритети се различават няколко **основни подхода (концепции)** за организацията и управлението на пласмента:

- **Производствен подход.** Този подход предполага, че потребителите ще бъдат благосклонни към по-ниски цени на продукцията. В съответствие с това се поставя акцент върху усъвършенстване на производството и намаляване себестойността на продукцията.
- **Продуктов подход.** Тук господства възгледът, че успех сред потребителите ще има качеството на продукцията.
- **Търговски подход.** Поставя акцентът върху интензификация на физическата дистрибуция, реклама и търговски отстъпки.
- **Маркетингов подход.** При него се акцентира върху цял комплекс от фактори, свързани с производството и доставката на продукцията, които най-пълно да удовлетворяват изискванията на клиентите.

Правилният избор на **оптималния подход** изисква диагностика, преди всичко на съотношението на **търсенето и предлагането** и на степента на **конкуренция** в пазарния сектор на бетонни смеси. Производственият подход е приложим в условия, когато търсенето надхвърля предлагането, равнището на конкуренция е ниско и производителите могат да диктуват условията на пазара. Продуктовият и търговският подход са предизвикани от уравнивяване на търсенето и предлагането и засилването на конкуренцията между производителите. Превесът на предлагането над търсенето, засилването на конкуренцията между производителите, както и засилването на обществените изисквания към продуктите води до появата на маркетинговите подходи.

Главната цел на управлението на пласмента е оптималното съчетаване на маркетинговия микс на предприятието с неговата маркетингова среда от гледна точка на реализирането на дефинирания обем продажби по продукти и като цяло при минимизиране на пласментните разходи.

Маркетинговата среда се дефинира като микросреда (клиенти, маркетингови посредници, контактни аудитории, конкуренти) и макросреда (културна, природна, демографска, икономическа, научно-техническа, политическа.)

Маркетинговия микс представлява специфична конфигурация на елементите и инструментите на маркетинговата пласментна политика, т.е. на управляемите фактори, с които предприятието въздейства върху своята среда. Тези елементи са: стокова, ценова и дистрибуционна политика и политика на комуникациите.

Дистрибуционна политика. При производствената дейност фирмената политика е изцяло свързана с четирите елемента на продукта:

- продуктова политика – продуктът като потребност, видове и свойства, неговото производство и реализация;
- ценова политика – продуктът като определена стойност, нейното определяне, диференциране по пазари, отстъпки и надценки;
- дистрибуционна политика – разпределение, насочване, физическо преместване, реализация, решения на кого, как и при какви условия да се доставя;
- промоционална политика – разпространени на пазара, реклама, промоция, връзки с обществеността.

Потребностите от определени видове бетонни смеси се проучват и определят чрез събиране на информация за съотношението търсене-предлагане и анализиране на промените в пазарната конюнктура след което се вземат решения за обемите, качеството и асортиментната структура на произвежданата продукция.

Произведените бетонни смеси в Европа за 2003 г. по два показателя имат асортиментна структура показана в табл. 5.10.

От таблицата се вижда, че с най-голям дял в производството са бетонни смеси с клас по якост на натиск 15 – 35 МРа и тези с консистенция от 5 – 15 см.

Планирането и организирането на материалните потоци от бетонни смеси се извършва по следния начин:

Таблица 5.10
Асортиментна структура на бетонни смеси

Асортиментен признак	Измерител	Асортиментна структура %
Класове по якост на натиск (МРа)	<15	6,9
	15-25	50,7
	25,5-35	33,3
	>35	9,1
Класове по консистенция чрез слягане	S1 (10-40 mm)	19,0
	S2-S3 (50-150 mm)	69,0
	S4-S5+ (>160 mm)	12,0

- определяне на потребностите от бетонни смеси – потребностите се определят по различни методи в годишен разрез и се обобщават

$$C = \sum C_i, \quad \text{m}^3/\text{год} \quad (5.27)$$

- определяне интензивността на материалния поток от бетонни смеси:

$$\lambda_c = \frac{C}{F_{nh}} k_v, \quad \text{m}^3/\text{h} \quad (5.28)$$

където F_{nh} е годишния фонд работно време на организацията, h;

k_v - коефициент на неравномерност на потреблението ($k_v = 1,1-1,3$).

Годишния фонд работно време в часове се определя от данните в табл.5.7 по формулата:

$$F_{nh} = 365 \cdot t_d \cdot k_{ty} \cdot k_{id} \cdot k_{ih}, \quad \text{h} \quad (5.29)$$

- определяне потребностите от превози и избор на транспортен модел;
- определяне направленията и маршрутите на превозите

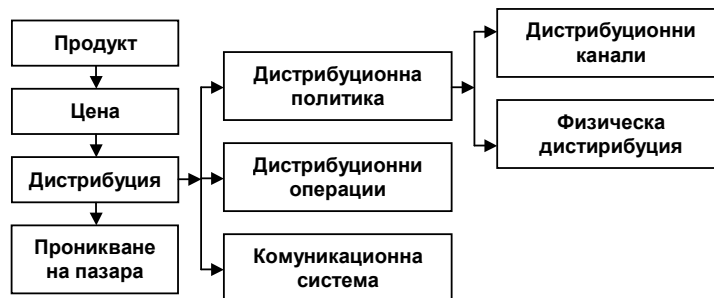
Цената е фактор, който въздейства непосредствено върху възприемането на продукта от потребителите. Тя може да се изменя в една или друга посока в зависимост от действието на различни фактори.

Довеждането на продукта до клиента се осъществява въз основа на концепции, решения и конкретни действия за физическото му придвижване от мястото на производство до мястото на потребление.

Четвъртият елемент на класическия маркетинг-микс – промоцията по същество допълва и обслужва всички останали. Без информационно осигуряване, без комуникационни връзки производителя не може да се наложи на пазара.

Разширеното тълкуване на дистрибуционната функция е представено на фиг. 5.10.

Дистрибуционната политика включва неизбежният минимум от управленски решения и действия, свързани с доставянето на продукта на крайния потребител. С нея се цели удовлетворяването на определени потребности при максимално съобразяване с изискванията за време, цена, място и начин на доставка. Това става чрез двата компонента на дистрибуционната политика – **дистрибуционните канали** и **физическата дистрибуция**.



Фиг. 5.10. Функции на дистрибуцията

Ефективната дистрибуция е функция от извършването на различни видове операции, които са основа на изграждането на отношенията в дистрибуционния процес. Комуникационната система е свързващо звено между производителя и пазара. Тя ориентира производителя към потребителското търсене, а потребителя – към източника на необходимия продукт.

Дистрибуционната система на една организация осигурява придвижване на стоките до потребителите и се съпътства от различни технологични операции и система от дейности обобщени с понятието дистрибуционен канал.

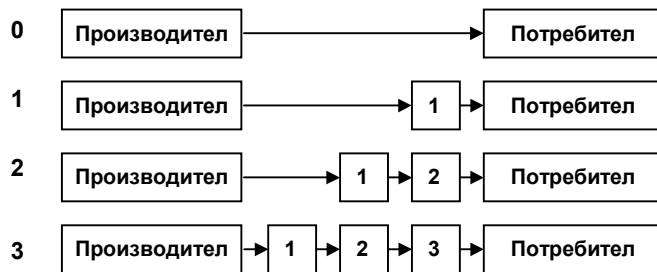
Дистрибуционният канал е система от физически и юридически лица, които насочват и пълно обслужват потока от продукти от производителите към клиентите.

Каналите на дистрибуция имат главната цел да доставят продукта точно навреме, на точното място, по договорена (точна) цена и в точното количество.

Съществуват различни признаци за класифициране на каналите за дистрибуция. При производството на бетонни смеси дистрибуционните канали са веществени, специализирани, за индустриални стоки и обикновено преки.

Последното се определя от броя на посредническите звена. Избора на канала е зависим от: Сложността на продукта, предназначение, брой на потребителите, пазарен дял, конкуренция и др. Това разнообразие води основно до четири вида канали за дистрибуция (фиг.5.11).

Систематизацията е направена в зависимост от броя на посредниците в канала. Канал 0 е с директен контакт производител-потребител. Той е най-къс но не винаги най-ефективен. При дистрибуцията на стоки с индустриално предназначение се използва най-много двуканална система.



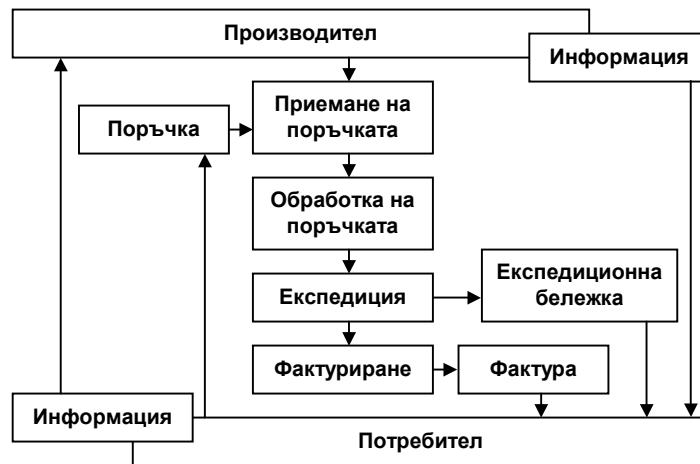
Фиг. 5.11. Видове дистрибуционни канали

Физическа дистрибуция. Физическата дистрибуция представлява съвкупност от дейности, свързани с придвижване на продукта от производителя до потребителя. Тя се характеризира с определени връзки между участниците в процеса:

Материални връзки – те са свързани с движението на материалните потоци към потребителите и съответната информация, съпътстваща материалния поток.

Правно-нормативни връзки – свързани с характера на договорите, разпределението на правата, задълженията и отговорностите между участниците в дистрибуционния процес.

Финансово-парични връзки – засягат управлението на паричния поток, съпътстващ движението на продукта и са свързани с банките и формите на разплащане.



Фиг. 5.12. Компоненти на продажбен цикъл

На фиг. 5.12 са дадени оперативните връзки на продажбения цикъл. От съществено значение за управлението на физическата дистрибуция е познаването и оценяването на взаимовръзката на физическите и информационните потоци.

Информация от потребителя на бетон към производителя:

- датата, времето и интензивността на доставянето;
- специален транспорт на обекта;
- специални методи на полагане;
- ограничение за транспортното средство за доставяне, напр. тип (разбъркващо/неразбъркващо средство), габарити, височина на зареждане и пълна маса.

Информация от производителя на бетон към потребителя:

- тип и клас по якост на цимента и вид на фракциите;
- тип на химичните добавки, тип и приблизително съдържание на минералните добавки, ако се използват такива;
- зададено водоциментно отношение;
- резултати от съответни предишни изпитвания на бетона, например от производствения контрол или от първоначални изпитвания;
- нарастване на якостта;

- произход на съставните материали.

Информацията може да съдържа също справка от каталога на производителя за съставките на бетона, в която подробно са дадени класовете по якост, класовете по консистенция, дозираните количества и други съответни данни.

За определяне на времето за отлежаване може да бъде дадена информация за нарастването на якостта на бетона или посредством табл. 5.11 или чрез крива на нарастване на якостта при 20° С между 2 и 28 дни.

Таблица 5.11

Нарастване на якостта на бетона при 20° С

Нарастване на якостта	Оценка на отношението на якостта $f_{cm,2} / f_{cm,28}$
Бързо	$\geq 0,5$
Средно	$\geq 0,3$ до $<0,5$
Бавно	$\geq 0,15$ до $<0,3$
Много бавно	$<0,15$

Показател за нарастването на якостта е отношението на средно-аритметичната якост на натиск след 2 дни ($f_{cm,2}$) към средноаритметичната якост на натиск след 28 дни ($f_{cm,28}$),

определени от първоначалните изпитвания или основани на познати свойства на бетон със съпоставим състав.

Производителят информира потребителя за здравословните рискове, които са възможни при ръчно полагане на бетонната смес, както се изисква от правилата, валидни в мястото на полагане на бетонната смес.

Експедиционна бележка за готова бетонна смес

При доставяне производителят представя на потребителя експедиционна бележка с всеки товар бетон, за който е разпечатана, щампована или записана най-малко следната информация:

- име на производителя;
- сериен номер на експедиционната бележка;
- дата и час на натоварване, т.е. време на първия контакт между цимента и водата;
- номер на камиона или идентификация на превозното средство;
- име на купувача;
- име и място на обекта;
- подробности или справка за спецификациите, например кодов номер, номер на поръчката;
- количества бетон в кубични метри;
- декларация за съответствие с препратка към спецификациите;
- име или марка на органа по сертификация, ако е необходимо;
- час, в който бетонът пристига на обекта;
- час на започване на разтоварването;
- час на края на разтоварването.

Допълнително експедиционната бележка може да дава подробности за следното:

а) За проектен бетон:

- клас по якост;
- клас по въздействие;
- клас по съдържание на хлориди;
- клас по консистенция или зададена стойност;
- гранични стойности на състава на бетона, ако са специфицирани;
- тип и клас по якост на цимента, ако са специфицирани;
- специални свойства, ако се изискват;
- номинален максимален размер на едрите фракции;
- в случай на лек или тежък бетон, клас по плътност или зададена плътност.

б) За предписан бетон:

- подробности за състава, например, съдържание на цимент и тип на химичната добавка;
- водоциментно отношение или консистенция чрез клас или зададена стойност, както са специфицирани;
- номинален максимален размер на едрите фракции.

Консистенция при доставяне. Бетонните смеси трябва да имат предписаната консистенция към момента на полагането им (БДС 4718-84). Загубата в консистенция на бетонните смеси при транспортирането не трябва да бъде по-голяма от:

- 50% - при консистенция до 8 см;
- 30% - при консистенция над 8 см.

Транспорт на бетонни смеси. Превоза на бетонните смеси е особено важна дистрибуционна дейност, тъй като осигурява преодоляването на разстоянието между производителите и потребителите и прави реално задоволяването на потребностите.

Организирането на транспортната дейност се извършва основно по два начина: ползване на външни превозвачи и ползване на собствен транспорт.

Външни превозвачи. Превозвачи са специализирани транспортни и транспортно-спедиторски организации, които предлагат и оказват транспортни и други, във връзка с превоза на стоките, услуги на товародателите и товарополучателите.

Превозвачите решават следните въпроси при управлението на оказваните от тях услуги:

- установяване на тарифната система за цената на услугите;
- определяне на договорните условия на превозите;
- изграждане на ефективна информационна система за управление;
- избор на маршрути и съставяне на графици за пътуване на превозните средства;
- контрол на превозите и изпълнението на договорните условия.

Решението за избор на превозвача трябва да бъде взето след комплексна оценка на редица фактори и условия, най-важни от които са:

- сигурност на превоза;
- минимално време за превоз;
- качество на транспортните услуги (точност, сигурност, бързина, риск и др.);
- цена на транспортните услуги;
- готовност за промяна на маршрутите;
- репутация на превозвача, финансова стабилност;
- използване на компютърни технологии за управление и контрол.

Собствен транспорт. Производителите и потребителите на бетонни смеси имат потребност от превози и могат да ги задоволят чрез ползването на собствен транспортен парк.

Поддържането на собствен транспортен парк има следните предимства:

- надеждно и качествено транспортно обслужване;
- гъвкавост на транспортните услуги;
- ефикасен контрол на дейността;
- използване на транспортните средства за външна реклама.

Съществуват обаче определени рискове, които се поемат с този начин на транспортно обслужване:

- значителни инвестиции за обзавеждане на собствен транспортен парк;
- поемане на пълна отговорност за товара и загубите по време на път;
- допълнителни разходи за застраховки на превозни средства и товари;
- допълнителни разходи с управление и поддръжка на транспорта;
- текущи разходи за гориво, ремонт и труд;

Вземането на решение за поддържането на собствен транспортен парк се взема, след като се направи задълбочено проучване и отчетат възможните фактори за вземане на решение. При това може да се вземе предвид опита в Европа при превозването на бетонните смеси чрез описаните по-горе варианти (табл.5.12). Данните в таблицата показват, че основно се ползва схемите собствен транспорт на производителя и външни превозвачи. В някои европейски страни като Дания и Холандия превоза на бетонни смеси се извършва основно от производителя, а Великобритания, Швеция и Португалия ползват над 80% външни превозвачи.

Таблица 5.12
Начини за организиране на транспорта на бетонни смеси

Начини на транспорт	Дялове, %
Собствен транспорт на производителя	36
Външни превозвачи	59
Собствен транспорт на потребителя	5

5.3. Доставка на бетонни смеси по системата JIT

Системата JIT (Just in time), което означава “точно навреме” е съвременна система за управление на материални потоци. Тя е

разработена в Япония от фирмата “Toyota” през 60-те години на миналия век. Тази система за управление на материални потоци цели произвеждането на необходимите продукти в необходимия момент и в нужното количество. Основава се на идеята за “теглене” на материалния поток в предходния производствен процес от следващия го производствен процес.

Бетонната смес е готова продукция предназначена за последващо влагане в строителното производство, която не търпи складиране и отлагането на нейното влагане е ограничено от времето за свързване на цимента. По тази причина системата JIT е особено подходяща за управление на материални потоци при доставка на бетонни смеси.

Готовия продукт бетонна смес се произвежда в определено количество и в определено време. За осъществяване на този механизъм се използват “канбан” (информационни картички). По тази причина системата може да се срещне под наименованието “канбан”.

Прилаганите от “Тойота” “just-in-time” системи са системи за производство по искане и заявка на клиента – “пул системи” (теглеща система), при които “канбан” съобщава за необходимостта от попълване на точно определени запаси в точно определено време и в подходящо количество.

“Тойота” осъществява JIT производство чрез прилагане на “пул система” с помощта на “канбан”. Предназначението на “канбан” е да предотврати свръхпродукция и да гарантира последователността на процесите за отделните части в обратен ред. Така се осъществява система на доставки, която контролира произведените количества. Това обезпечава доставяне само на необходимите материали в нужните количества.

Системата за управление на материални потоци “точно навреме” се основава на идеята, че производството се организира в зависимост от потреблението на продукта в крайния процес, т.е. пазара.

Взаимодействието между предприемачите (клиент, потребител) и бетоносмесителните системи (производител) представлява интерес. От една страна предприемачът следва да поръча достатъчно голямо количество достатъчно отрано, за да си осигури необходимите количества бетанна смес и навременните доставки за обезпечаване на максимална производителност на своя строителен екип. От друга страна бетоносмесителната система се опитва да регулира своите доставки така, че всички проекти да бъдат обслужени според нуждите на предприемачите, а системата и транспортът да имат уплътнено работно време. Този синхрон между двете страни не винаги може да бъде постигнат поради *особеностите на бетонната смес, на бетоносмесителната система и поведението на клиента.*

Особености на бетонната смес. Въпреки, че производството и доставката на бетон са обичайни дейности, те зависят от множество специфични фактори:

- **Бетонът като нетраен материал:** бетонът се състои от едри и дребни фракции, цимент и вода, плюс добавки според спецификацията. Поотделно фракциите, циментът и добавките могат да бъдат складирани за продължителни периоди от време. Самата бетонна смес обаче е нетраен материал. Добави ли се веднъж вода към сместа от сухи материали, само в рамките на 1-1,5 часа (освен ако не бъдат използвани забавители) хидратацията започва да свързва цимента, което подлага на риск якостта на бетона. Поради тази причина след добавянето на вода бетонната смес не предлага кой знае какви възможности по отношение на времето за доставка и полагане.

- **Бетонът е материал, произведен по спецификация на клиента:** Проектантите определят изискванията за якостта и качеството на бетона. Те могат да дадат спецификация за модел и характеристика на дадена бетонна смес, след което да предоставят възможността на самия производител да предложи модел, който да отговаря на спецификациите. За един и същи проект е възможно да са необходими различни бетони в различни количества поради различна приложимост на бетона.

- **Наличност на компоненти:** Ако намирането на подходяща рецепта може и да не представлява проблем, то дадена бетоносмесителна система може да не държи на склад всички минерални съставки в необходимите количества или изобщо да не държи такива (напр. оцветители). Когато му бъдат предоставени спецификациите, предприемачът трябва да прецени кога точно ще са му необходими специални съставки и да уведоми производителя, за да може той да се снабди своевременно с тях.

Особености на бетоносмесителната система. Производителя разполага с ограничени мощности по отношение на производството и доставката на бетонни смеси.

- **Производствената мощност** зависи от необходимото време за измерване, подготовка и смесване на съставките, а впоследствие и натоварването им на превозното средство. Количеството бетонна смес, а следователно и времето за производство зависи от необходимото количество, товарносимостта на превозното средство и товарните ограничения при транспортирането или на обекта.

Съвременните бетоносмесителни системи са напълно автоматизирани и компютъризирани, така че съставките могат да бъдат измервани и смесвани по желание и за много кратко време. Това позволява ритмично производство и натоварване на бетоновозите един след друг, като всеки може да превозва различни смеси.

- **Капацитетът за доставка** зависи от броя на превозните средства, които обслужват бетоносмесителната система. Обикновено един производител разполага с определен брой автомобили и операторът полага усилия да те бъдат заети непрекъснато.

Други фактори, които обуславят производителността на завода, са наличността на материали и пространство за почистване на камионите. Все пак при нормални работни условия това не е решаващо обстоятелство.

Поведение на клиента. Клиента оказва влияние на доставния процес със своето местоположение, необходимите количества и вид на бетонните смеси, точност на заявки и др.

- **Непредвидени колебания:** поръчките за бетон варират в рамките на деня, седмицата и годината. Дори когато общото количество бетон за конкретно полагане или проект може да бъде изчислено сравнително точно, синхронизирането на темпото на необходимите доставки често остава неопределено, тъй като довършването на нужните дейности на обекта е трудно да се предвиди достатъчно прецизно и е възможно да не се знае до деня преди полагането на бетона. Полагането на бетона е в зависимост и от непредвидени обстоятелства като атмосферните условия. От гледна точка на производителя предприемачите правят поръчките си произволно, така че е твърде трудно да се предвиди каква ще бъде реалната натовареност на възела.

- **Обем на полагания бетон:** големите количества изискват непрекъсната доставка на бетон, за да се избегнат непланирани конструктивни фуги. За да се гарантира необходимата непрекъснатост на доставките бетоносмесителната система и обектът следва да поддържат постоянна връзка, за да се реагира навреме при забавяне на полагането и да се избягва струпването на автомобили на обекта. Подобна връзка се осъществява до голяма степен посредством “теглещ механизъм”: всеки завърнал се в производителя празен автомобил е като семафор, който свидетелства за приключено полагане и следователно за заявка за нова партида. Ако един автомобил не се завърне своевременно, производителят ще знае, че следва да спре бъркането на повече бетон за това полагане. Този “теглещ механизъм” може да бъде подвеждащ, ако с камиона се случи инцидент по пътя на връщане към центъра. За гарантиране на по-точна и навременна информация за пътуването на камиона и обстоятелствата на обекта модерните центрове използват географски информационни системи (ГИС), базирани на локални радиотелефонни мрежи (по-скоро, отколкото сателитни системи).

- **Цикъл на доставки и местоположение:** тъй като бетонът следва да бъде положен определено време след добавянето на водата, разстоянието от производителя до обекта е също ограничено. Това ограничава оперативният радиус на бетоносмесителната система в зависимост от характера и състоянието на пътищата.

За да се избегне нарушаване на дневния график, някои производители прилагат система на двучасови паузи през деня с ограничен брой поръчки. Те могат да гарантират своевременни доставки само през определени часове на деня, например в ранните сутрешни часове, в случай че тогава може да се избегне забавяне на транспортирането, особено при градски условия.

- **Синхронизиране на доставките:** както беше отбелязано, предприемачът трябва да планира и да се подготви за пристигането на бетона. Когато предприемачът поръча доставката на бетон, той следва да е

готов за полагането му в момента на пристигането на доставката. Така или иначе, поръчки за точно определен час през същия ден рядко могат да бъдат гарантирани със сигурност от производителя поради ограничения в капацитета за доставки.



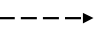
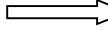
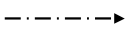
Своевременната доставка на бетон е от изключително значение за предприемача. Ако камионът пристигне по-рано, бригадата за полагане на бетона може все още да не е готова. Нормално е автомобилите да останат известно време на обекта по време на разтоварването, но за изчакване в готовност повече от няколко минути предприемачът ще бъде глобен съобразно кубатурата на доставения бетон. Още по-неприятно е, ако поради забавянето бетонът се втвърди и цялата пратка трябва да бъде изхвърлена. Ако пък автомобилът закъснее, бригадата ще стои без работа.

Поръчката следва да бъде направена три-четири дни преди деня за полагане на бетона, за да може производителят да си осигури материали, производствени мощности и транспорт. Колкото по-своевременно бъде направена поръчката, толкова по-голяма е вероятността доставката да бъде направена съобразно нея.

• **Точност на поръчаните количества:** точността на поръчаните количества е от съществено значение. Производителите таксуват на предприемачите всичко, което те поръчат. Това, естествено включва излишъците от бетон, които камионите връщат в завода след приключване на полагането (около 1,6% от цялото произведено количество за месеца), но също така и поръчаното за деня количество бетон, включително и отказаната от него част преди самото разбъркване поради приключване на полагането. Все пак производителите в общи линии проявяват разбиране, ако поръчката бъде отказана поне един ден предварително от вече утвърдения график.

Това кара предприемачите да поръчват малко по-малки от действително необходимите според предварителните изчисления количества бетон, разчитайки, че ще успеят да получат допълнителна доставка в случай на необходимост във финалната фаза на полагането на бетона. Това налага поддържане на постоянна комуникация с производителя. Даденият похват крие доста рискове за предприемача, тъй като забавянето на доставката може да попречи на добрата спойка между пластове бетон. Недостигът на бетон може да доведе до нежелани конструктивни фуги, които да изложат на опасност здравината на конструкцията, водоустойчивостта, външния вид или якостта на бетона.

На фиг. 5.13 е дадена интегрирана схема за производство и доставка на бетонни смеси с транспорт на производителя. Кутийките транспорт означават процеси с добавена стойност или задачи като поръчване на суровини, производство на бетон и транспортиране на бетона до обекта. С триъгълник Δ се обозначава извършваната работа или запаса от ресурси. Той означава масата на продукта (материали и информация) за неограничено количество и с неопределено времетраене. “Канбан ” обозначава информация за зареждане на даден продукт.

Символът  обозначава складиране от гледна точка на това каква е наличността на материали и как се извършва снабдяването с нови запаси. ПВПИ символът обозначава “пръв влязъл-пръв излязъл” отпускане на суровини за дадена задача. Кръглата стрелка  обозначава физическо изваждане на суровини от супермаркета. Тя се различава от изтеглящия канбан по това, че има връзка с произведеното количество в момента на отказа, а не задължително предварително фиксираното количество. Пунктирна линия със стрелка  обозначава производствения дебит. Плътна бяла линия  е транспортирането на продукта до обекта на клиента. Прекъснатата линия с точки  показва, че продуктът е във видна запас.

Участниците в процеса са четирима: инженер-проектант, производител на бетон, доставчици на материали и предприемач заедно с извършваните от тях дейности. Тук отсъства хоризонтална координата на времето ляво-дясно, тъй като процесите са циклични.

Производителят разполага с бетоносмесителна система и парк от автобетоновози. Въз основа на уточнен график с предприемача производителят приготвя смесите регулярно и ги доставя на съответния обект за полагане на бетона.

Проектантите (линия I) уточняват бетонните смеси или с рецептура или с изпълнение. Те изясняват подробно изискванията съобразно строителната документация, която впоследствие се предоставя на предприемачите, т.е. като част от документацията за оценката. Предприемачът (линия IV) ползва информация от тези спецификации, когато изчислява количествата бетон за всеки проект. Предприемачът взема решение и за размерите и методите на полагане на бетона. След като уточни производителите, които ще доставят бетона, предприемачът набелязва с тях предварителни поръчки с приблизителни количества и периоди на доставка. Това дава възможност да се гарантират мощностите за необходимите дни. Това е от особено значение за натоварени дни от седмицата и когато поръчката е обемиста и изисква непрекъснатост на доставките, което налага синхронизиране на работата на значително количество транспортни средства.

Бетоновият възел (линия II) използва предварителната поръчка за планиране на необходимите суровини. Особено при необходимост от специални съставки и добавки е наложително своевременната им заявка пред снабдителите (линия III), за да е сигурно, че заводът ще разполага с тези специфични артикули, когато настъпи моментът на бъркането на бетона. Водата се счита за суровина “в наличност” и не е посочена като отделна съставка в производствения процес.

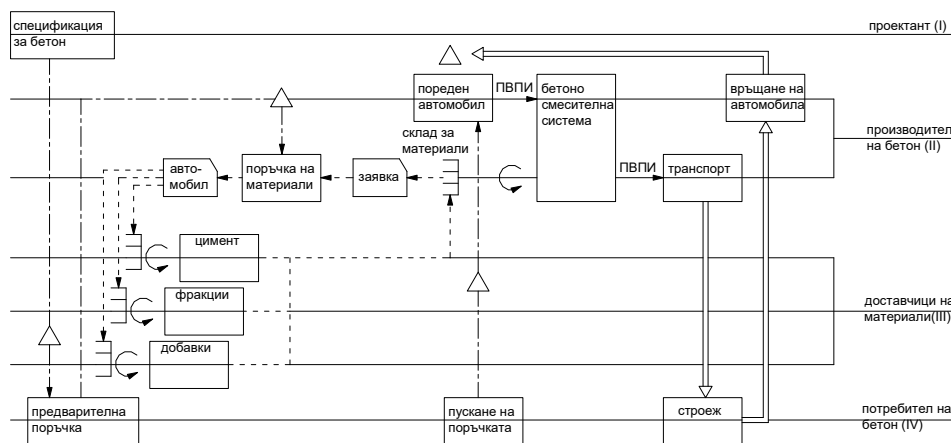
Няколко дни преди началото на производствения процес предприемачът (линия IV) трябва да депозира официална поръчка в завода (линия II) в потвърждение на предварително договорените доставки на бетон в уточненото време на уточнения ден. В повечето случаи предприемачът ще поиска известни корекции в поръчката поради

настъпилите промени в проекта от момента на договарянето на предварителната поръчка.

Производството на готови смеси е илюстрация за “теглеща система”, тъй като бетонът се забърква само по поръчка. Официалната поръчка на предприемача задейства производството, след като производителя окончателно уточни действителния график за изпълнение на поръчката. Производителите предпочитат да получават предварителни поръчки, които предприемачът така или иначе трябва да потвърди, за да може да се утвърди график за доставките, да се ангажират необходимите транспортни средства, да се приготви и натовари бетонната смес и да се достави на обекта малко преди исканото време за доставка.

Фиг. 5.13 показва нагледно функциите на участниците във веригата по доставката на бетон. Допустими са алтернативни сценарии на интегрирана верига за доставки от гледна точка на ограниченията на производителя по отношение на доставянето на бетон, а именно:

1. Производителят би могъл да променя единичната цена на готовия бетон в зависимост от часа и деня на доставката на бетона. Това би илюстрирало действащ пазарен механизъм, макар да не се прилага в съвременната промишленост.



Фиг. 5.13. Производство и доставка на бетонни смеси

2. Операторът на бетоносмесителната система би могъл да получи разрешение от предприемача да действа като официален предприемач, който сам извършва строителна дейност най-вече в дни от седмицата, когато системата е по-малко натоварена с изпълнение на поръчки от други предприемачи.

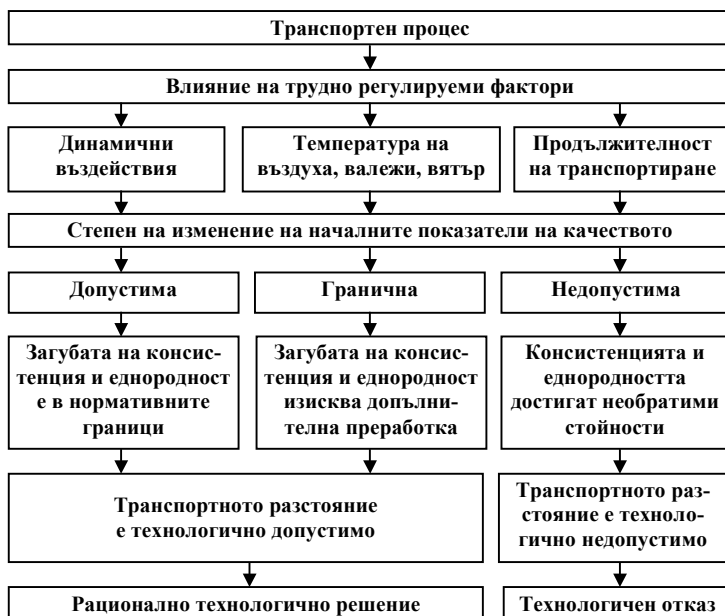
3. Производителят би могъл да разшири мощностите си за доставки, прибегвайки до парка на трета страна, която е или не е под негов контрол:

- Производителят може да работи с назначаване на независими шофьори, собственици на автобетоносмесители.
- Предприемачите биха могли да предоставят собствени превозни средства за транспортирането на бетона до техните работни обекти.

5.4. Транспорт на бетонни смеси

Общи положения. В строителното производство съществуват две основни схеми на транспортиране на бетонни смеси:

- от бетоносмесителната система до обекта (формовъчен цех, технологична линия) в мястото на разтоварване (специален съд или директно в кофража);
- от мястото на разтоварване до мястото на полагане на бетонната смес.



Фиг. 5.14. Функционална схема за транспорт на бетонни

Транспортирането на бетонната смес трябва да се извършва по такъв начин, че да осигури в мястото на полагането на бетонната смес предписаната консистенция, еднородност и температура. Това се постига чрез правилно проектиране състава на бетона, употреба на подходящи добавки, оптимизация и съкращаване на маршрутите на превоз, използване на подходящи транспортни средства, използване на сухи смеси и тяхното приготвяне по време на транспорт и чрез други технологически способности.

Ако в резултат на транспорта по приетия начин бетонната смес загуби необратимо първоначалните си характеристики, това трябва да се счита за несъответствие съответен технологичен отказ, при което трябва да се търси друг начин за транспортиране на бетонната смес (фиг.5.14).

По време на транспортиране бетонната смес може да претърпи съществени изменения на основните технологически показатели като консистенция и разслояване. Изменението на **консистенцията** на бетонната смес по време на транспортирането зависи от редица фактори:

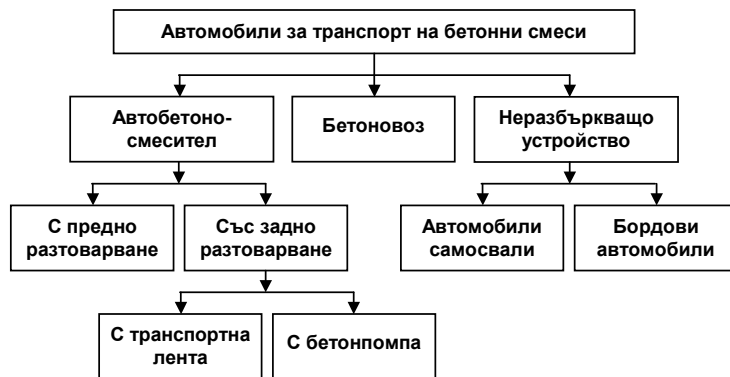
- *атмосферни влияния* – температура, валежи и вятър;
- *транспортното средство*: тарата за превоз на бетонна смес трябва да осигурява удобно разтоварване; постепенност на разтоварването; да не засвояване на бетонната смес; конструкцията трябва да позволява почистване и измиване от полепнали и втвърдени частици бетон; да не позволява да се получават загуби на циментово мляко и разтвор по време по време на транспорта;
- *продължителност на транспортирането* зависи от състоянието и дължината на пътя и скоростта на транспортното средство.

Начина на транспортиране трябва да не позволява **разслояване** на бетонната смес. Това означава, че не трябва да се допуска падане на едрия пълнител на дъното на транспортното средство и излизане на водата и циментовото мляко на повърхността. Разслояването на сместа става от вибрации при транспорт, при товарене и разтоварване и при изсипване от голяма височина. За намаляване на разслояването трябва да се намалят броя на пресипванията на сместа и да се спазват нормативните височини на изсипване при полагане.

Транспорт на бетонни смеси с автомобили. Транспорта на бетонни смеси с автомобили се осъществява чрез:

- автобетоносмесител – смесител за бетон, монтиран върху шаси, който се върти и е в състояние да размесва и доставя однородна бетонна смес;
- бетоновоз – оборудване, монтирано върху автомобилно шаси, което дава възможност да поддържа бетонната смес в хомогенно състояние по време на транспортирането;
- неразбъркващо устройство – устройство, използвано за транспортиране на бетон без разбъркване по смисъла на горните две, например самосвал или бордови автомобил.

Въз основа на горното е направена класификация на транспортните средства за бетонни смеси на база автомобили (фиг.5.15).



Фиг. 5.15. Класификация на автомобилите за транспорт на бетон

При автотранспорта съществуват две основни технологични схеми за доставка на бетонна смес:

- от мястото на производство до мястото на полагане непосредствено в бетонираната конструкция. Тази схема се прилага при бетониране на конструкции, разположени на терена или под нивото на терена (фундаменти, подпорни стени, фундаментни плочи, стендове и др.). При това в зависимост от транспортното разстояние, характера на пътя, температурата на околния въздух и други условия се използват автомобили-самосвали, бетоновози и автобетоносмесители.
- от мястото на производство до мястото на претоварване в друго транспортно средство или устройство. При тази схема се предвижда доставка на бетонната смес и разтоварването ѝ в бункери, приемни бункери на бетонпомпи и пневмонагнетатели, кубели с последващо доставяне с кран на работното място и др.

При транспортиране на бетонната смес основна технологична задача е запазване на проектните изисквания за еднородност и обработваемост. За тази цел е необходимо по възможност да се премахнат вибрациите, предавани чрез рамата на автомобила, което води до преминаване на сместа в тиксотропно състояние. При интензивно тръскане по време на превоз, хоризонтални динамични натоварвания вследствие на рязко спиране или претоварване едрия пълнител пада на дъното, а циментовото мляко и разтвор изплуват нагоре и бетонната смес загубва еднородността си.

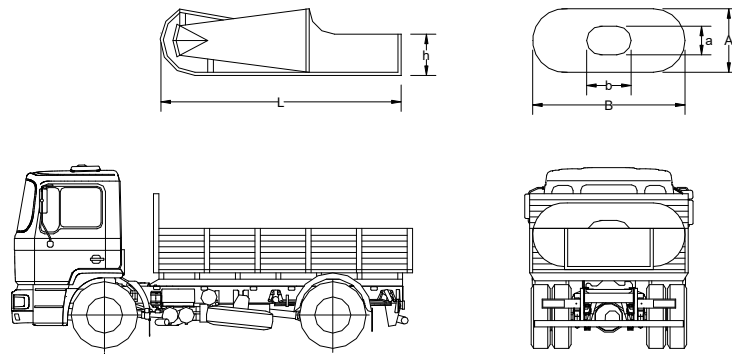
При транспорт на бетонната смес при отрицателни температури, възниква необходимостта от предпазване от замръзване или запазване на определена положителна температура на сместа към момента на доставката, а при транспорт при високи температури – запазване на сместа от бързо обезводняване.

Технологично допустимата продължителност на транспорта на бетонни смеси с автомобилен транспорт зависи от началната температура на бетонната смес, температурата на въздуха, вида на цимента и типа на транспорта. Тя се изчислява от момента на натоварване на превозното средство до началото на уплътнението на сместа и средно не трябва да надвишава 60 мин. (при цименти с начало на свързване по малко от 1 час); при понижени температури на въздуха (+5 ...+10° C) продължителността на транспортиране може да се увеличи до 120 мин. От това условие се определя транспортното разстояние с отчитане на състоянието на пътя, допустимата скорост на движение и вида на транспортното средство.

Транспорт на бетонни смеси с бордови автомобили.

Бордови товарни автомобили (фиг.5.16) с преносим кубел се използват в ограничени случаи при следващо използване на кубела в технологичния процес за полагане на бетонната смес. Кубелите трябва да са с гладки вътрешни стени и с такива отвори, че да се осигури плавното изсипване с

желаната широчина и мощност на потока, без задържане и образуване на висулки.



Фиг. 5.16. Транспорт на бетон в преносими кубели

Транспортирането на бетонни смеси с преносими кубели от технологична гледна точка има следните предимства пред самосвалите: няма загуба на циментово мляко и претоварване на сместа; намалява се разслояването. При този начин на транспорт се намалява товароизползваемостта на превозните средства за сметка на тарата (собствената маса на кубела).

Данни за преносими кубели са дадени в табл. 5.13. Общата маса на товара трябва да бъде съобразена с полезната товароносимост на бордовия автомобил.

Таблица 5.13

Данни на кубели за бетон

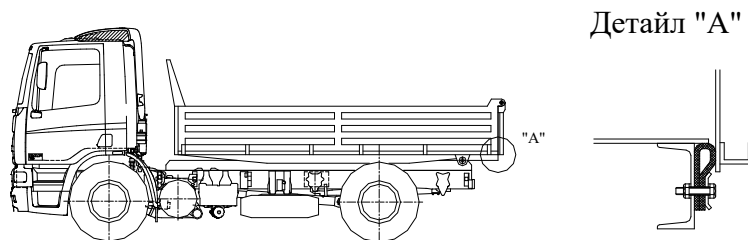
Показател	Озн.	Мярка	D-1,00	D-1,60	D-2,50
Вместимост	u	m ³	1,00	1,60	2,50
Маса на бетона	m _{co}	kg	2400	3840	6000
Собствена маса	m	kg	550	700	1000
Обща маса на товара	m _c	kg	3950	4540	7000
Размери	h	mm	450	600	750
	a	mm	350	450	450
	b	mm	500	700	900
	A	mm	850	1000	1300
	B	mm	2400	2400	2600
	L	mm	2500	2900	3500

Транспорт на бетонни смеси със самосвали. Автомобилите самосвали се използват масово за превоз на бетонни смеси. Те обаче са създадени за превоз на насипни материали поради което не са приспособени за превоз на бетонна смес и разтвори. Обема на коша на самосвала и неговата товароносимост в повечето случаи не съответстват на обема за замеса на цикличните бетоносмесители. Това води до

недотоварване или претоварване на самосвала, което от своя страна води до увеличаване стойността на превоза или за преждевременно амортизиране на машината.

Използването на автомобили-самосвали (фиг.5.17) с общо предназначение за транспорт на бетон се прилага при земновлажни смеси и разстояния до 20 км. Трябва да се има предвид, че използването за тази цел на самосвалите поради динамичната небалансираност (особено при превоз на пластични смеси), формата и голямата открита повърхност на каросерията води при движения по неравни пътища, рязко спиране, големи спускания и изкачвания до 2-3% загуби на бетонна смес, интензивно разслояване, нарушаване на водоциментното отношение вследствие на валежи, замръзване при превоз при зимни условия и активна загуба на подвижност при високи температури. Освен това при разтоварване са неизбежни значителни разходи на ръчен труд при почистване на каросерията от полепнал бетон.

За избягване на недостатъците на транспорт на бетонна смес със самосвали се вземат различни мерки като надстройване на каросериите, уплътняване на задния капак на каросерията (дет. "А"), поставяне на окачени вибратори на дъното на каросерията за облекчаване на разтоварването, подгръване на каросерията и др. Тези мероприятия позволяват частично да се решат някои проблеми без това да осигурява технологична надеждност на транспорта на бетонна смес.



Фиг. 5.17. Автомобил-самосвал

Транспорт на бетонни смеси с бетоновози. Бетоновозите се различават от стандартните самосвали по формата на каросерията. В повечето случаи бетоновозите са неразбъркващи устройства.

Бетоновозите с възможности за разбъркване на смесите са сложни и трудни за експлоатация. Такъв бетоновоз е VD-6 (фиг.5.18) произведен в Чехия със винтово разбъркващо устройство, което често аварира.

Бетоновозите притежават специално разработена каросерия за превоз на бетонни смеси, която се вдига под ъгъл 80° за изсипване на бетонната смес. Специалната каросерия има капак за пълнене, който се затваря при разтоварване. С тях се превозват бетонни смеси до 25-30 км. Характерна особеност на всички бетоновози е крушообразната форма на коша. В него основната маса бетон се помещава в дълбока чаша, която приляга плътно до кабината на шофьора и се подпира върху шасита в зоната с най-малки

вибрации, което помага за запазване на еднородността на сместа. Освен това е доказано, че при по-голяма дълбочина на коша сместа се разслоява по-малко, отколкото в обикновените самосвали.

Обща тенденция в развитието на тези транспортни средства е увеличаване на обема на каросерията, странично или тристранно разтоварване, използване на разтоварващ улей, изсипване на сместа от височина над 1,5 m, което позволява тя да се изсипва направо в кубели, бетонополагачи и др.

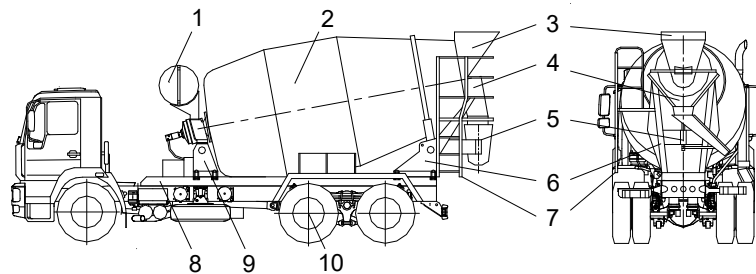
Транспорт на бетонни смеси с автобетоносмесители.

Автобетоносмесителя представлява бетоносмесителен барабан, монтиран на шаси на автомобил или на полуприцеп теглен от седлови влекач и привездан в движение от автономен двигател монтиран също на шасито или от двигателя на автомобила. (фиг.5.19).



Фиг. 5.18. Автомобил-бетоновоз

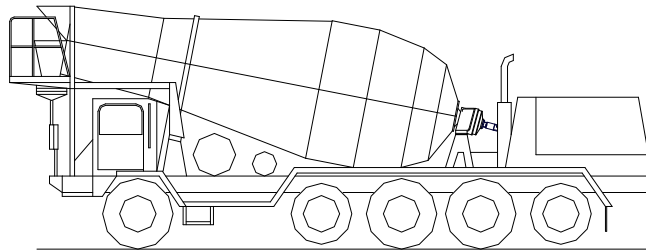
Смесителния барабан (2) в предния си край лагерува на специална опора (9) с редуктор и хидромотор. На задната опорна конструкция (6) барабана се опира свободно чрез бандаж върху две опорни ролки. Барабана се зарежда чрез фуния (3) и разтоварва чрез фуния (4), която подава бетонната смес на улей (5) монтиран на въртяща конзола. На рамата на бетоносмесителя (8) са монтирани и резервоар за вода (1) и стълба (7) с площадка за обслужване.



Фиг. 5.19. Общо устройство на автобетоносмесител

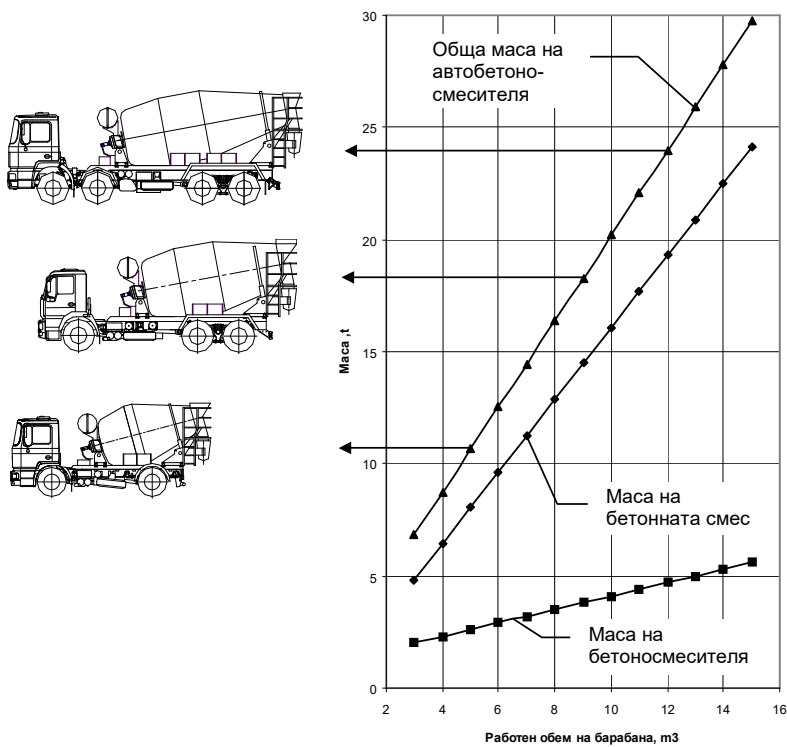
Описания автобетоносмесител е със задно разтоварване. Използването на тези бетоносмесители в стеснени условия е свързано понякога с извършването на съвсем не безопасни маневри и използването на двама души в операцията – водач на автомобила и работник управляващ разтоварващия улей. Тези обстоятелства са довели до разработката на автобетоносмесители с предно разтоварване (фиг.5.20).

Тези машини се прилагат в USA. При тях отвора на барабана е обърнат в посоката на кабината на водача. Компановка на машината дава възможност за удобно подаване до мястото за разтоварване без маневри и при наличие на управляем подаващ улей, разтоварването се реализира само от водача.



Фиг. 5.20. Автобетоносмесител с предно разтоварване

Рамата на бетоносмесителя е съобразена с автомобилните стандарти и позволява монтиране на бетоносмесителя на стандартни автомобилни шасита. Избора на вида на шасито или полуремарке зависи от вместимостта на барабана.



Фиг. 5.21. Монтажни схеми на автобетоносмесители

Увеличаването вместимостта на барабана води до използването на многоосни автомобилни шасита или полуприцепи теглени от седлови влекач. Това се налага от нормативите за допустими натоварвания на пътните настилки от осите на автомобила. Възможностите на стандартните автомобили позволяват монтирането на бетоносмесители с работен обем до 15 m³. На фиг. 5.21 са дадени областите на приложение на масово прилаганите автомобили за монтаж на бетоносмесители. Над 12 m³ се използват пет осни шаста и полуприцепи.

Барабана на автобетоносмесителите в зависимост от техния обем са дву- три- и четирикonusни. Зареждат се и се разтоварват от един отвор чрез реверсивно движение. Скоростта на въртене на барабана е в границите 0-14 min⁻¹. По-големи скорости съкращават времето за смесване, но значително влошават надеждността (износване на лагери и лопатки) на работа на автобетоносмесителя.

Автобетоносмесителите имат две основни технологични предимства:

- възможност за увеличаване на транспортното разстояние (до определени граници) без влошаване на качеството на бетонната смес и без загуби по време на транспорта.
- порционен разтоварване на бетонната смес, позволяващо да напълва бункери и кубели независимо от обема на бетоносмесителя, а също и дозиране на бетонната смес при непосредствено подаване в кофража.

В автобетоносмесителите може да се произвеждат както сухи така и готови бетонни смеси. При транспорт на сухи смеси в автобетоносмесителя се зареждат дозираните сухи компоненти. Водата от резервоара се подава в смесителния барабан по време на транспорта. Началото на смесването започва в зависимост от транспортното разстояние, но не по рано от 5-10 min преди доставянето на местоназначението. В условията на повишена влажност на околната среда транспортното разстояние при превоз на сухи смеси не бива да превишава 100-120 km, тъй като тази влажност и влажността на пълнителите водат до предварителна хидратация на цимента за време 2-3 h. Този недостатък се избягва при послойно зареждане на пълнителите от специален люк. По този начин се намалява контактната повърхност на цимента с пълнителите, но се усложнява конструкцията на смесителния барабан.

Възможно е компонентите да се сместа с малко количество вода, при което се увеличава транспортното разстояние. С приближаването на обекта се добавя и останалото количество вода.

При превоз на разстояния до 80-100 km е икономически целесъобразно да се транспортират в автобетоносмесители готови бетонни смеси, като за избягване на разслоението на сместа барабана се върти през цялото време на транспорт.

Продължителността на транспортиране на бетонни смеси с автобетоносмесители от момента на дозиране на водата при смесването съгласно БДС 4718-84 трябва да се установи опитно от строителна

лаборатория за конкретните условия и не може да бъде по голяма от 90 min.

В стремежа да се разширят технологичните възможности на автобетоносмесителите същите се оборудват с бетонпомпи и лентови конвейери за улесняване на операциите по подаване на бетонната смес.

Разпределението на автобетоносмесителите според работния им обем за 2003 г. в Европа са показани в табл. 5.14. От таблицата се вижда, че основния дял заемат машините с вместимост 6-8 m³, но дела на големите бетоносмесители също е значителен. Производителността на автобетоносмесителите се определя, като се изхожда от общата формула за производителност на машини с циклично действие

Таблица 5.14

Разпределение на автобетоносмесителите по работен обем

Работен обем	% на разпределение
<6 m ³	15
6-8 m ³	61
>8m ³	24

$$Q = 60 \frac{u \cdot k_u}{t_c}, \quad \text{m}^3/\text{h} \quad (5.30)$$

където

u е геометричния обем на барабана, m³;

k_u - коефициент на напълване;

t_c - продължителност на транспортния цикъл, min.

Продължителността на транспортния цикъл се определя по формулата

$$t_c = t_a + t_e + t_w + 60 \frac{v_u + v_o}{v_u \cdot v_o} l, \quad \text{min} \quad (5.31)$$

където

t_a е времето за зареждане на автобетоносмесителя, min;

t_e - времето за разтоварване на автобетоносмесителя, min;

t_w - време за измиване на барабана, ($t_w = 5$ min);

v_u - скорост на движение с товар, km/h;

v_o - скорост на движение без товар, km/h;

l - транспортно разстояние, km.

Времето за зареждане се определя от производителността на бетоносмесителя (Q_{mix} , m³/h) забъркващ сместа

$$t_a = 60 \frac{u \cdot k}{Q_{mix}}, \quad \text{min} \quad (5.32)$$

Времето за разтоварване се определя от интензивността на потребление ($\lambda_e = 1 \div 5$ m³/min) при полагането на бетонната смес съобразно приетите методи

$$t_e = \frac{u \cdot k_u}{\lambda_e}, \quad \text{min} \quad (5.33)$$

Експлоатационната производителност се определя отчитайки конкретните условия на работа с коефициент $k_c = 0,85 \div 0,95$ и коефициент за използване по време k_{th} и я означаваме по следния начин:

$$Q_{TM} = 60 \frac{u \cdot k_u}{t_c} k_c \cdot k_{th}, \quad \text{m}^3/\text{h} \quad (5.34)$$

Като се вземе предвид обема на потребление на бетонни смеси ($\lambda_c, \text{m}^3 / \text{h}$), броя на автобетоносмесителите, обслужващи процеса е

$$N_{TM} = \frac{\lambda_c}{Q_{TM}}, \quad \text{бр.} \quad (5.35)$$