



**Будівельне  
матеріалознавство**

The background features several overlapping hexagonal shapes of varying sizes, each filled with a grayscale image of cracked concrete. A prominent black outline of a hexagon is positioned in the upper left quadrant. On the right side, a dark gray rectangular box with a yellow triangular corner contains the title text.

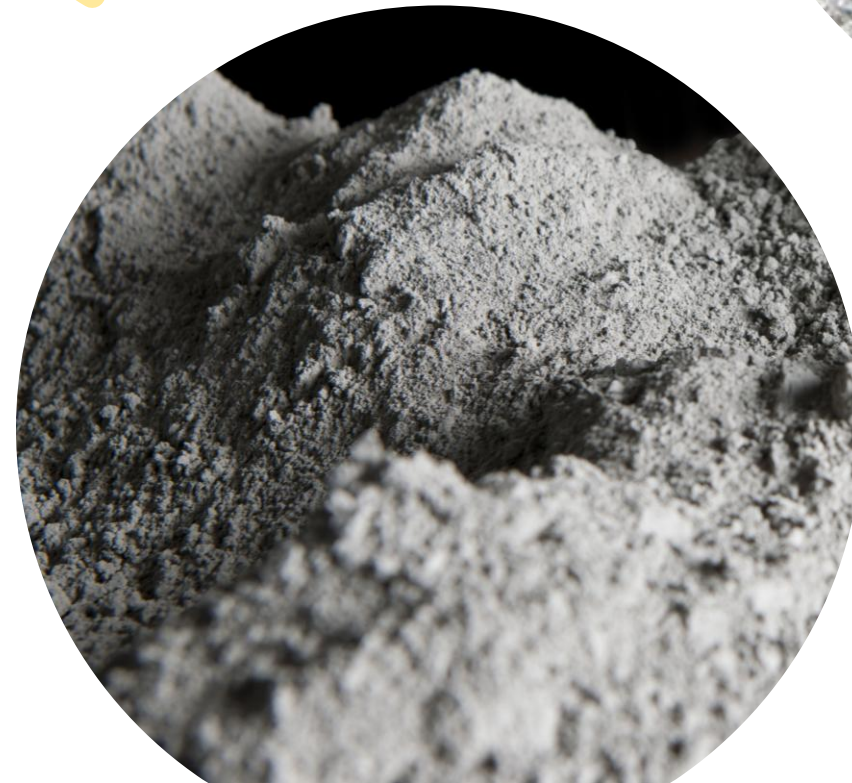
# Загальні відомості про бетони



Бетон – це штучний каменеподібний матеріал, результат тверднення раціонально дібраної суміші в'язучого, заповнювачів, води і, у разі потреби, спеціальних добавок. До затвердіння цю суміш називають бетонною.

Змінюючи склад бетонної суміші, можна в період формування надавати виробам і конструкціям практично будь – якої конфігурації та розмірів, а після затвердіння одержувати задані в широкому діапазоні властивості щодо міцності, щільності, теплопровідності.

Бетон є економічним матеріалом, оскільки виробу з нього більш як на 80 % об'єму складаються з місцевої сировини: піску, щебеню, гравію чи побічних продуктів промисловості у вигляді шлаків, золи тощо.



# Бетони класифікують за такими ознаками:

## за основним призначенням

- конструкційні
- спеціальні
- жаро- та хімічностійкі
- дорожні
- гідротехнічні
- декоративні
- радіаційно-захисні
- теплоізоляційні

## за видом в'язучого

- цементні
- вапнякові
- гіпсові
- шлакові
- спеціальні

## за структурою

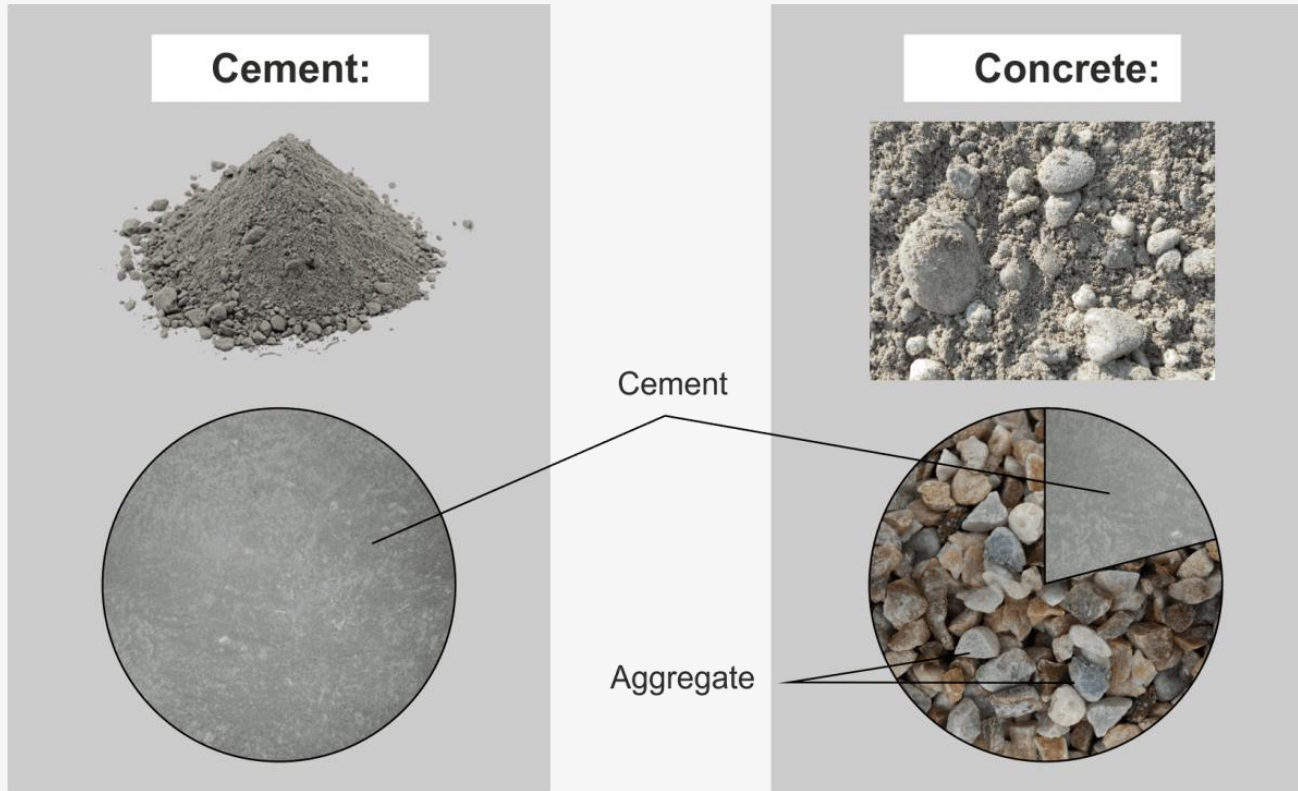
- щільні
- пористі
- ніздрюваті
- крупно-пористі

## за розмірами заповнювача

- крупнозернистий (від 10 до 150 мм)
- дрібнозернистий (до 10 мм)



# Важкі бетони

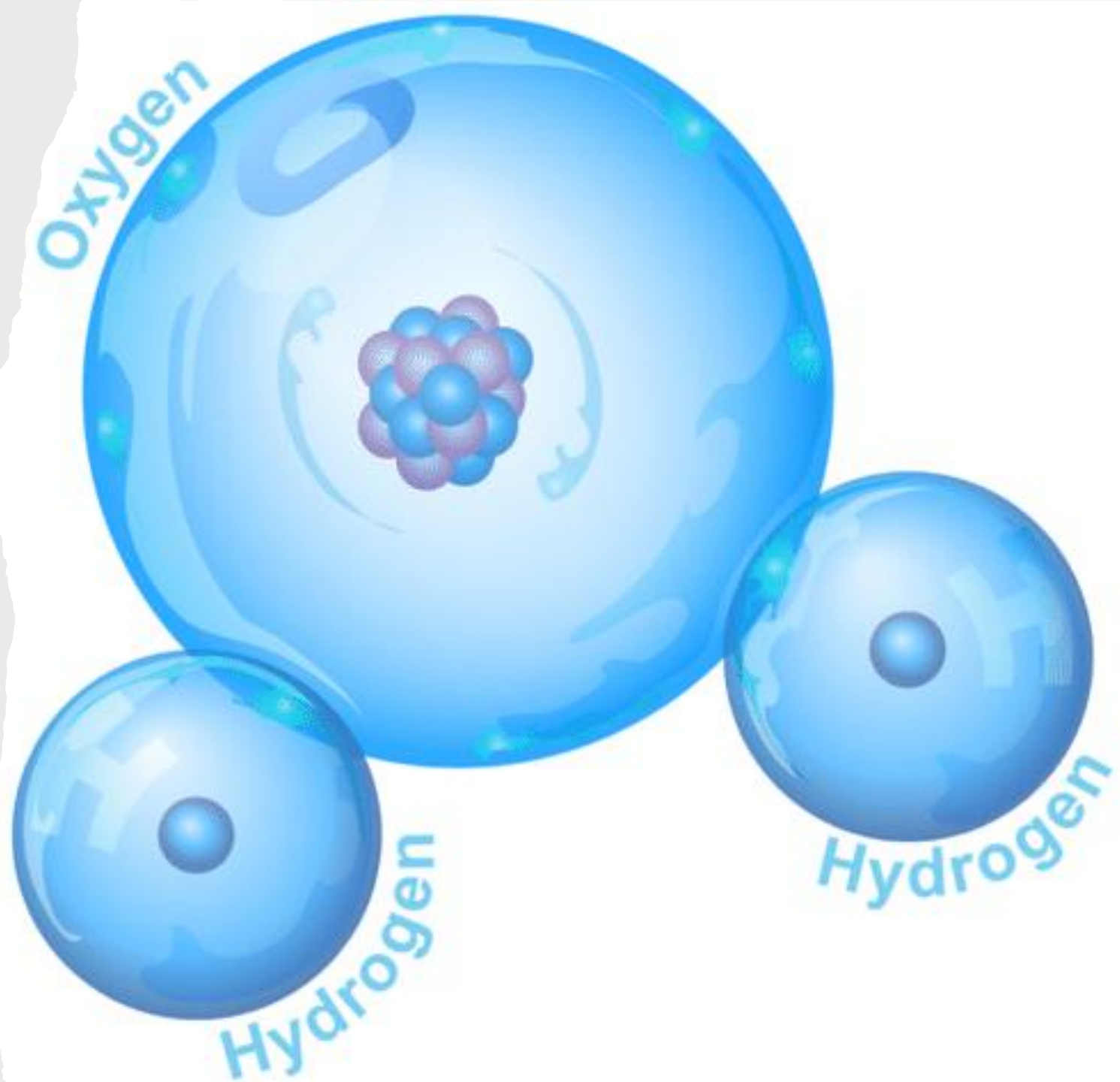


Марка бетону	100	200	250	300	400	500	600
Марка цементу	300	300, 400	400	400, 500	500, 600	600	600 і більше

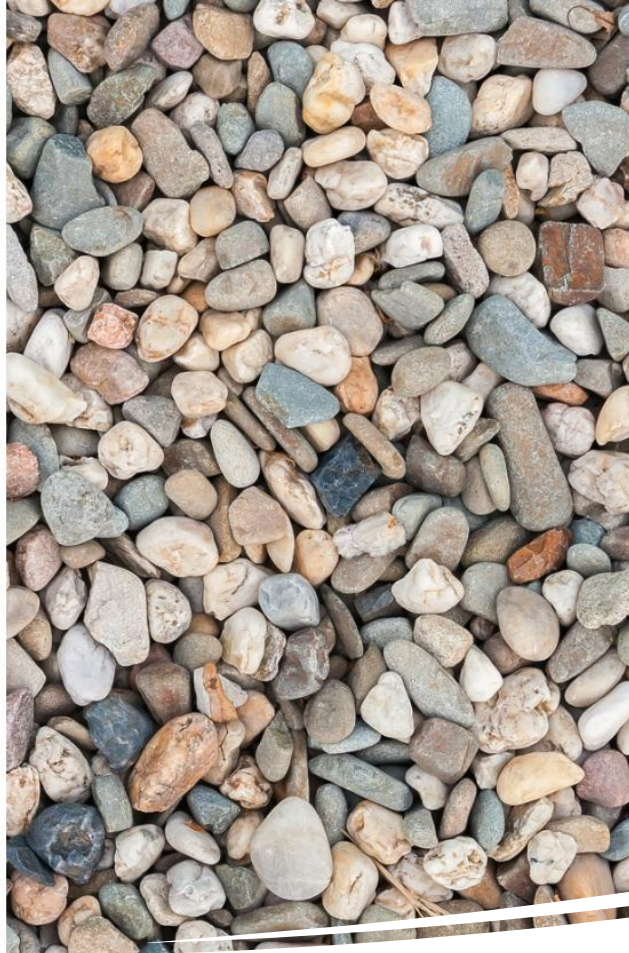
Вибір цементу залежить від умов експлуатації конструкції та заданої міцності бетону. Марку цементу вибирають так, щоб витрата його була раціональна. Така умова виконуватиметься, коли марка цементу в 1,1...1,5 рази більша за марку бетону. Із зменшенням відношення марок цементу і бетону збільшується витрата цементу, зростає можливість усадочних деформацій, знижується тріщиностійкість виробів. У разі збільшення цього відношення знижується щільність бетону, підвищується можливість розшарування бетонної суміші.

Вода для приготування бетонної суміші, промивання заповнювачів та зволоження бетону повинна бути без шкідливих домішок, які перешкоджають нормальному твердінню цементу і можуть викликати корозію цементного каменю. Тому без попередньої перевірки для бетону придатна лише питна вода.

Річкову, озерну та воду із штучних водойм перевіряють хімічним аналізом та порівняльним випробуванням зразків бетонів, виготовлених на такій та питній воді.

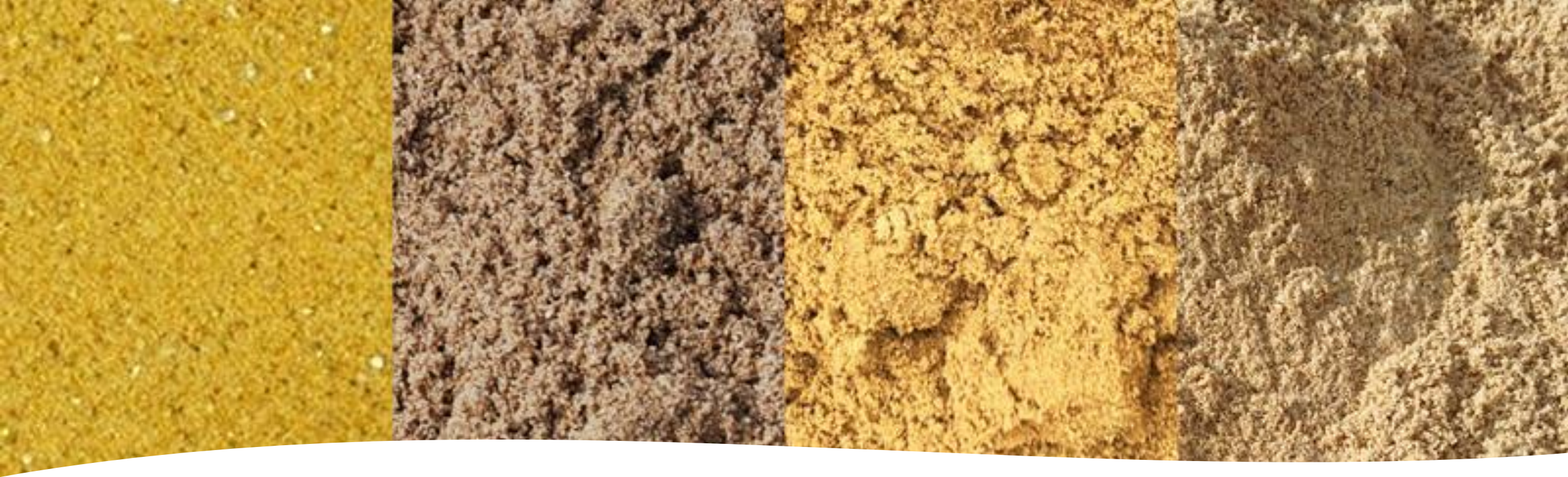






Заповнювачі важкого бетону – це сипкі суміші мінеральних частинок природного чи штучного походження певного гранулометричного складу. За розмірами частинок заповнювачі поділяють на дрібні (піски) крупністю від 0.16 до 5 мм та крупкі (щебінь, гравій) розміром від 5 до 70 мм.

Іноді для бетонування особливо масивних конструкцій застосовують крупний заповнювач розміром до 150 мм і більше.

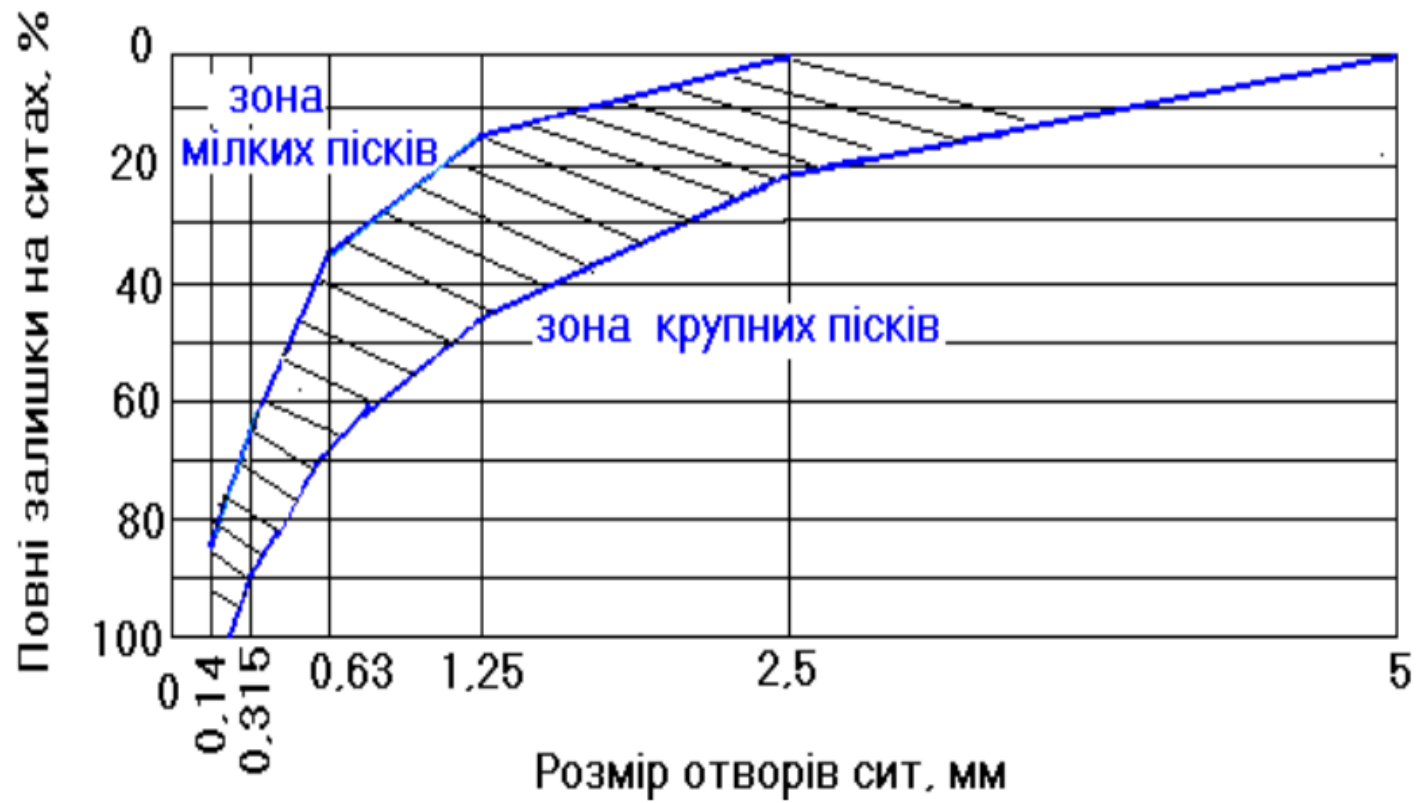


За мінеральним складом розрізняють кварцові, польово-шпатові та карбонатні піски. За походженням природні піски бувають ярові (гірські), річкові та морські. У ярових, на відміну від річкових і морських, підвищений вміст глинястих та органічних домішок, що може негативно впливати на міцність та інші властивості бетону. Однак форма зерен кутаста, що забезпечує добре зчеплення з цементним каменем. Річкові й морські піски, навпаки, містять менше глинястих та органічних домішок, але мають обкатану форму і більш гладеньку поверхню.



Штучні піски одержують подрібненням гірських порід або використанням супутніх продуктів – зол, шлаків. Щоб визначити придатність піску для бетону, його випробовують у лабораторії на такі показники: істинну і насипну щільність, пустотність, вологість, вміст різних домішок, зерновий склад.

Якщо вміст глинястих та пилюватих домішок перевищує 3 % маси, піски потрібно промивати. Вміст органічних домішок визначають обробкою піску 3 %-м водним розчином NaOH. Колір розчину після обробки піску не повинен бути темнішим за еталон. Зерновий склад піску характеризується вмістом зерен різних розмірів і модулем крупності  $M_k$ .



Ці показники визначають за допомогою стандартних сит з роз мірами отворів 5; 2,5; 1,25; 0,63; 0,315 і 0,14 мм. Просіявши пісок, визначають часткові залишки на кожному ситі в процентах, а потім підраховують повні залишки на кожному ситі як суму часткового залишку на даному ситі і залишків на попередніх ситах:

$$A_i = a_{2.5} + \dots + a_i \text{ де } a_i \text{ - часткові залишки, \%}$$

Модуль крупності піску визначають за формулою:

$$M_k = (A_{2.5} + A_{1.25} + A_{0.63} + A_{0.315} + A_{0.14}) / 100$$

За модулем крупності піски поділяють на підвищеної крупності, крупні, середні, дрібні і дуже дрібні

За значеннями повних залишків на ситах будують графік зернового складу піску, за яким визначають допустимість піску для виготовлення бетону

# Класифікація піску за крупністю

Група піску	$M_k$	Повний залишок на ситі 0,63 мм, %
Підвищеної крупності	3,0...3,5	65...75
Крупний	2,5...3,0	45...65
Середній	2,0...2,5	30...45
Дрібний	1,5...2,0	10...30
Дуже дрібний	1,0...1,5	до 10

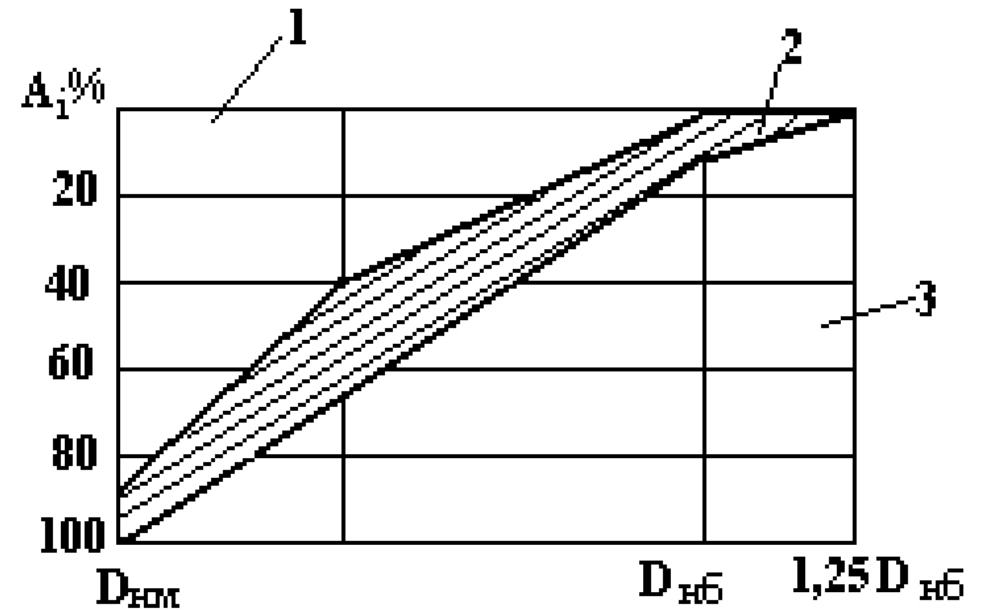
Якщо пісок дуже дрібний, його збагачують крупнішими фракціями з подрібнених гірських порід або збільшують кількість цементу у складі бетону.

Якщо пісок підвищеної крупності, його подрібнюють, бо перевитрачається цемент для заповнювання міжзернової пористості. У кожному випадку рішення приймається після техніко-економічних обґрунтувань.

Гравій – сипкий матеріал округлої, обкатаної форми, який утворився внаслідок природного руйнування (вивітрювання) гірських порід. За походженням природний гравій розрізняють так само, як і пісок.

Щебінь – сипкий матеріал, який здобувають подрібненням гірських порід.

Щебінь має кутасту форму, шорстку поверхню, тому його міцність зчеплення з цементним каменем вища, ніж гравію.



Графік зернового складу щебеню (гравію):

- 1 – область дрібного щебеню (гравію);
- 2 – область щебеню (гравію) середньої крупності;
- 3 – область крупного щебеню (гравію)



**Щебінь з природного каменю** – неорганічний зернистий матеріал, який є продуктом дроблення гірських порід, гравію й валунів, попутно добутих розкривних порід і порід, що містяться у добутому матеріалі, або некондиційних відходів гірських підприємств по переробці руд і неметалічних копалин інших галузей промисловості й наступного розсіву продуктів дроблення.

Щебеневі матеріали поділяють за крупністю зерен:

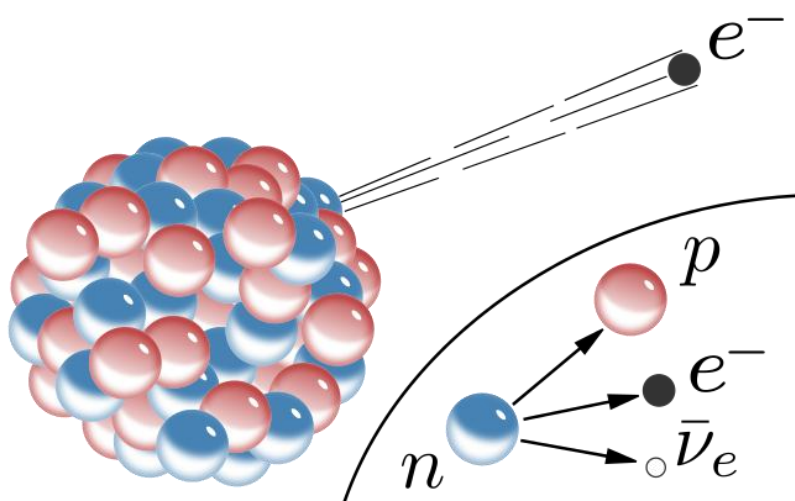
- 1) щебінь з розмірами зерен  $d$  (найменший розмір зерен, мм) та  $D$  (найбільший розмір зерен, мм): від 3 (5) мм до 120 (150) мм включно, що використовують для будівництва та ремонтів шарів зносу, які влаштовують способом поверхневої обробки, та шарів дорожнього одягу способом та/або у складі щільних сумішей;
- 2) суміші з розмірами зерен складових від 0 до  $D$ : від 0 до 120 мм включно, що використовують для будівництва та ремонтів шарів дорожнього одягу з щільних сумішей та для основної фракції щебеню.





Різновид класиф.	Ознаки класифікації	
<b>Класи</b>	За густиною	<p>Згідно з ДСТУ Б В.2.7-74:</p> <p>Пористий, густина:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- середня: понад 1,2 г/см<sup>3</sup> до 2,0 г/см<sup>3</sup> включно;</li> <li>- насипна: понад 700 кг/м<sup>3</sup> до 1100 кг/м<sup>3</sup> включно.</li> </ul> <p>Щільний, густина більше ніж:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- середня 2,0 г/см<sup>3</sup>;</li> <li>- насипна 1100 кг/м<sup>3</sup></li> </ul>
<b>Групи</b>	За міцністю (за дробильністю)	Марки згідно з ДСТУ Б В.2.7-29: 200, 300, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1400
	За стиранистю	Марки згідно з ДСТУ Б В.2.7-74: Ст-I, Ст-II, Ст-III, Ст-IV
	За морозостійкістю	Марки згідно з ДСТУ Б В.2.7-74: F 15, F 25, F 35, F 50, F 100, F 150, F 200, F 300, F 400
	За пластичністю зерен, що отримані з щебеню	Марки: Пл 1, Пл 2, Пл 3
	За водостійкістю	Марки: В 1, В 2
	За вмістом зерен слабких порід (та/або вмістом слабких зерен у щебені з металургійних шлаків)	Вміст зерен, у відсотках за масою: згідно з ДСТУ Б В.2.7-74: низький, середній, високий
	За вмістом пиловидних та глинистих часток	Вміст часток, у відсотках за масою, (визначення методом відмулювання або піпетковим), у тому числі глини у грудках згідно з ДСТУ Б В.2.7-74: дуже низький, низький, високий
За формою зерен, крім фракцій з розміром зерен (3 – 5) мм	Вміст зерен пластинчастої (лещадної) та голчастої форми*, у відсотках за масою, що характеризує форму зерен: — згідно з ДСТУ Б В.2.7-74: кубовидна, поліпшена, звичайна	
<b>Зерна пластинчастої (лещадної) і голчастої форми – такі зерна, товщина чи ширина яких менше ніж довжина у три та більше разів.</b>		

Критерієм для ухвалення рішення про використання щебеню згідно з гігієнічними нормативами є показник питомої ефективної активності природних радіонуклідів (Аеф). Аеф – є сумарна питома активність природних радіонуклідів у матеріалі, визначена з урахуванням їхнього біологічного впливу на організм людини.



## Будівельні матеріали за показником Аеф класифікують на:



- I клас. Менше ніж 370 Бк / кг. Застосовують для зведення споруд житлового, громадського, дитячого шкільного і дошкільного комплексу.



- II клас. Понад 370 до 740 Бк / кг. Застосовуються при зведенні будівельних споруд промислового призначення та дорожніх покриттів в межах населених районів, або місць перспективного містобудування.



- III клас. Понад 740 до 1350 Бк / кг. Застосовуються: у населених пунктах, для будівництва, підземних або підводних будов і комунікацій, що знаходяться під поверхнею ґрунту, на глибині не менше 0,5 м; поза межами населених пунктів, для прокладки трас, зведення гідротехнічних споруд, електричних опор.



- IV клас. Понад 1350 до 37000 Бк / кг. Застосовуються в результаті дозволу Міністерства охорони здоров'я України, для кожного конкретного випадку.



Фракція – це максимально допустимий розмір окремо взятого фрагмента щебеневої продукції. У ДСТУ Б В.2.7-75-98 «Щебінь та гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. ТУ» визначено такі основні фракції: від 5 до 10 мм; від 10 до 20 мм; від 20 до 40 мм; від 40 до 70 (80) мм.



При виробництві щебеню  
зазначених вище фракцій  
утворюється відсів з фракційним  
розміром 0-2 мм, 0-3 мм, 0-5 мм, 0-  
20 мм. Відсів використовується  
переважно для відсипки доріг і  
користується чималим попитом  
нарівні із щебенем.



Кубовидний



Лещадний

До зерен пластинчастої і голкуватої форми відносяться такі зерна, товщина або ширина яких менша від довжини в три рази і більше.

Чим менша лещадність, тим якіснішим вважається щебінь.

За вмістом зерен пластинчастої й голкуватої форм у % по масі відповідно до ДСТУ Б В.2.730-95 щебінь підрозділяють на:

I група (кубовидна форма зерен) – до 15%;

II група (покращена форма зерен) – від 15% до 25%;

III група (звичайна форма зерен) – від 25% до 35%;

IV група – від 35% до 50%.

дуже  
низької  
міцності  
– М200

низької  
міцності  
– М300-  
600

середньої  
міцності  
– М600-  
800

міцний –  
М800-  
1200

В залежності від міцності виділяють щебінь наступних марок, які об'єднують в групи:

Міцність щебеню характеризують межею міцності вихідної гірської породи при стисненні, здатністю до подрібнення щебеню при стисненні (роздавлюванні) у циліндрі та зношенням у поличковому барабані. Цим показником імітують опір кам'яного матеріалу до руйнування при механічному впливі проїжджаючих по дорозі транспортних засобів, впливів у процесі будівництва дорожніх конструкцій, будівель, споруд, спеціальних об'єктів.

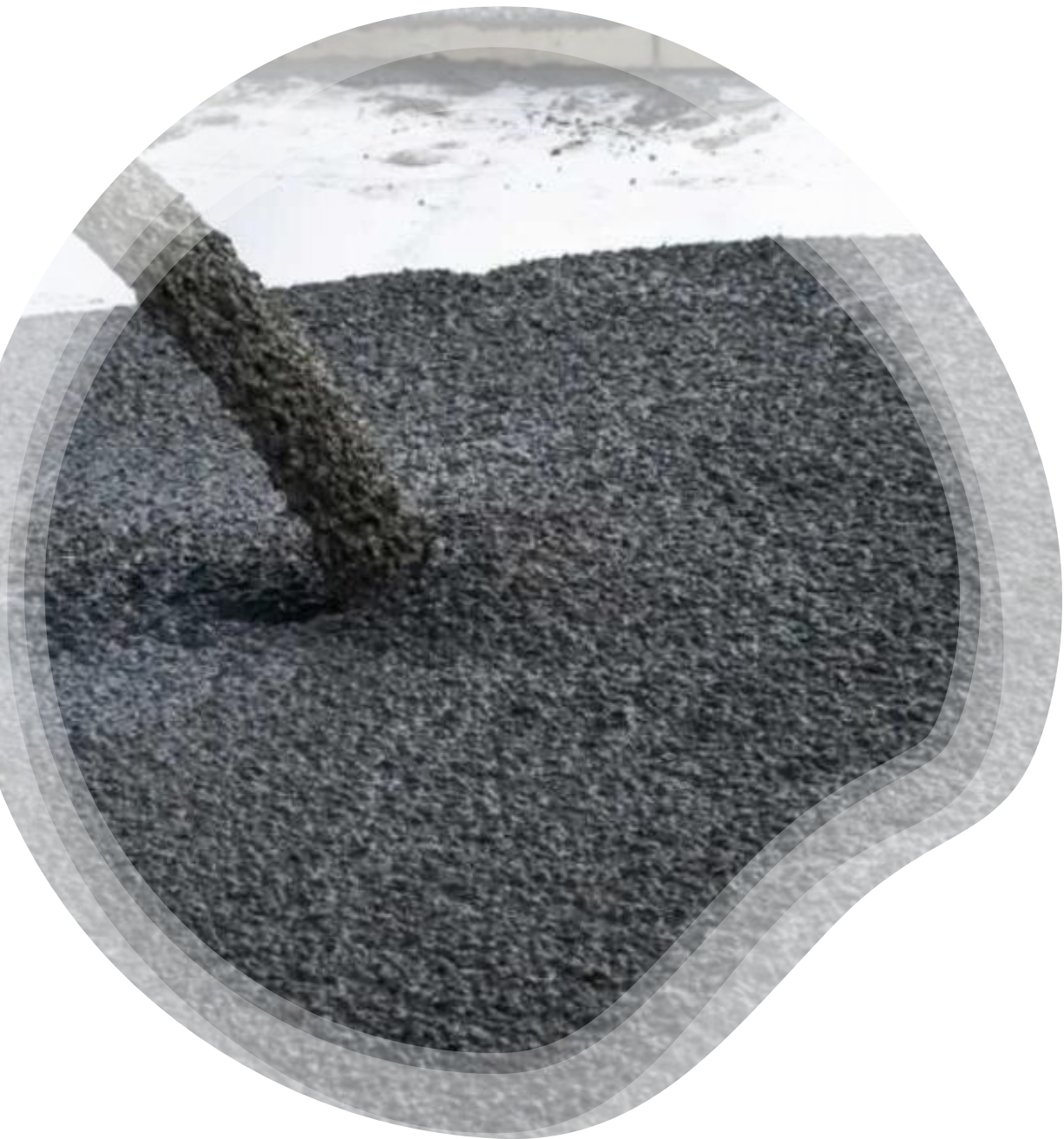


Морозостійкість щебеню характеризують числом циклів заморожування й відтавання. Дозволяється оцінювати морозостійкість щебеню за числом циклів насичення в розчині сірчанокиислого натрію й наступного висушування. За морозостійкістю щебінь поділяють на марки: F15; F25; F50; F100; F150; F200; F300; F400.

The background features a grey, cracked concrete texture. Several hexagonal shapes of varying sizes are overlaid on this texture. One hexagon in the upper left is a simple black outline. Another hexagon in the lower left has a white hexagonal cutout. The largest hexagon is in the center, partially overlapping a large black rectangular box.

# Властивості бетонних сумішей





Бетонна суміш – це раціонально підібрана і ретельно перемішана суміш цементу, води, заповнювачів та в деяких випадках добавок.

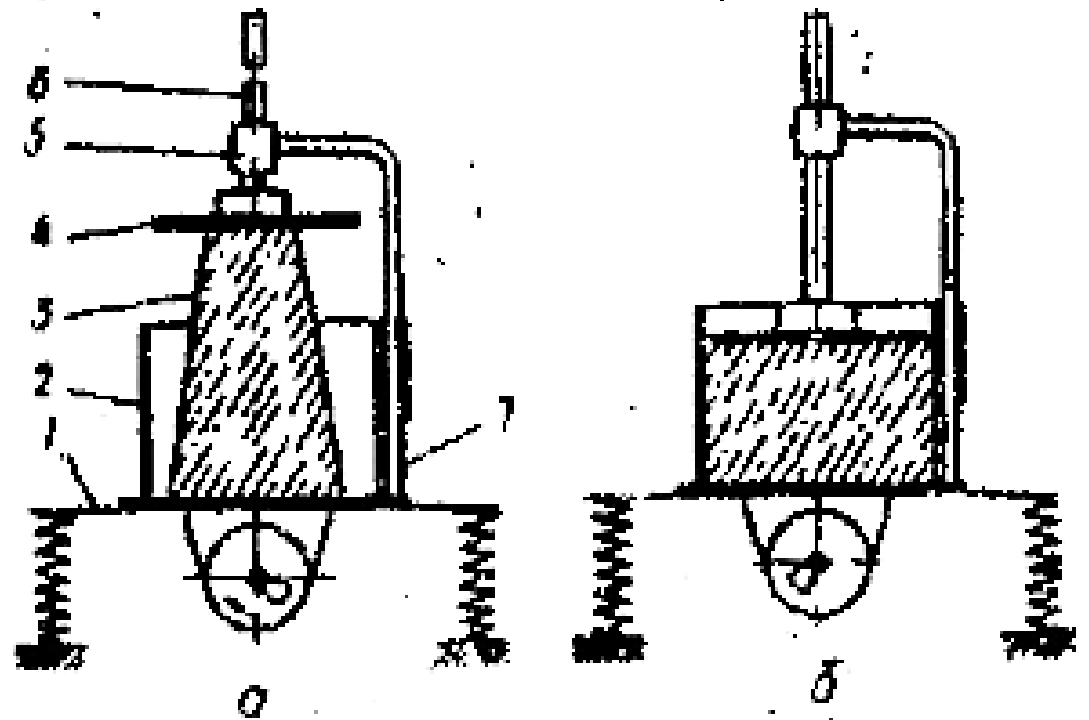
Мірою консистенції бетонної суміші є її легкоукладальність – здатність бетонної суміші заповнювати форму чи опалубку з найменшими затратами зовнішньої енергії.

Рухливість суміші – це здатність укладатися під дією власної ваги, її оцінюють у сантиметрах осадки конуса (ОК). Стандартний конус 300 мм заввишки, діаметром верхньої основи 100 мм, нижньої – 200 мм заповнюють бетонною сумішшю, ущільнюючи під час укладання. Потім форму знімають і ставлять поряд з бетонним конусом, який під дією власної ваги осідає. Величину осадки конуса вимірюють лінійкою.



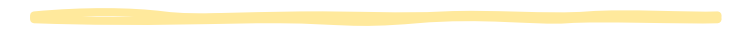
---

Жорсткість суміші – це здатність заповнювати форму під дією вібрації. Жорсткість характеризується часом вібрації (в секундах), потрібним для вирівнювання і ущільнення бетонного-конуса. Визначається приладом Скрамтаєва або технічним віскозиметром. За показниками жорсткості і рухливості бетонні суміші поділяють на марки.

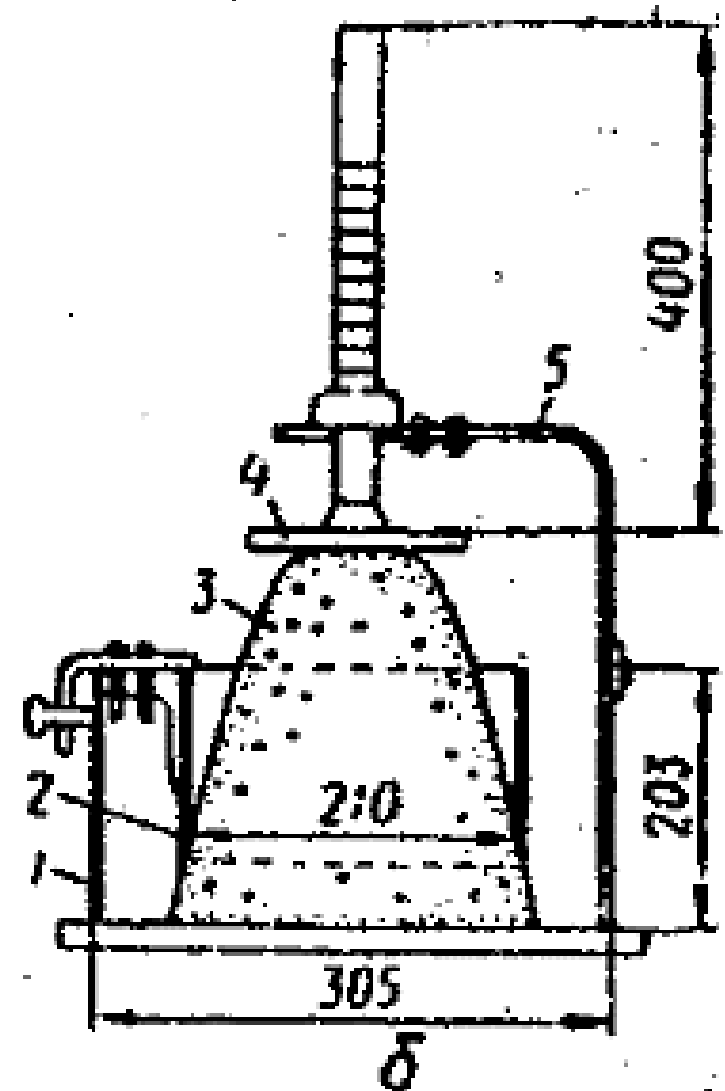
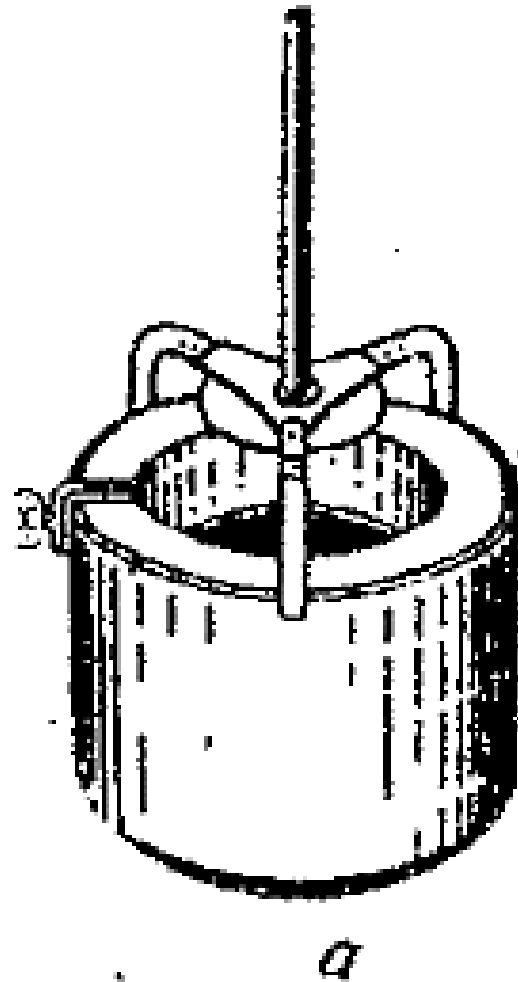


Визначення жорсткості бетонної суміші на приладі Скрамтаєва: а – прилад у вихідному положенні; б – після закінчення віброущільнення: 1 – віброплощадка; 2 – сталевий циліндр з днищем; 3 – бетонна суміш; 4 – диск з отворами; 5 – втулки; 6 – штанга; 7 – штатив

Технічний віскозиметр для  
визначення жорсткості бетонної  
суміші:



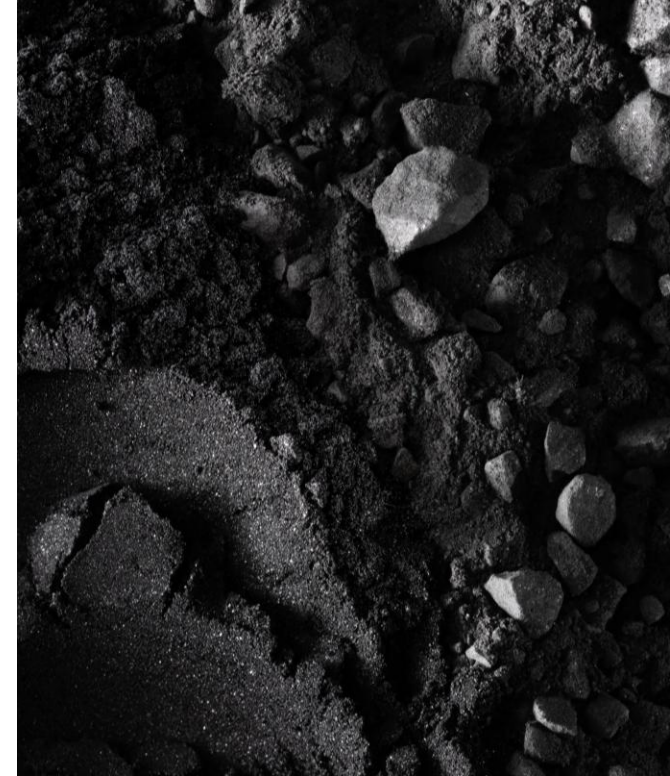
- а – загальний вигляд;
- б – переріз; 1 – посудина;
- 2 – внутрішнє кільце; 3 – конус із бетонної суміші;
- 4 – диск зі штангою; 5 – штатив



Розрізняють два види добавок – тонкомелені мінеральні і хімічні.

Тонкомелені мінеральні добавки (зола-винос теплоелектростанцій, мелені шлаки тощо) вводять у кількості 5...20 % маси цементу для його економії та одержання щільного і стійкого бетону при малих витратах цементу.

Хімічні добавки, які вводять у значно меншій кількості (0,1...2,0 % маси цементу), дозволяють регулювати реологічні властивості бетонних сумішей, строки тужавіння і твердіння, а також забезпечувати твердіння на морозі, поліпшують повітровтягувальні властивості бетонних сумішей.



Пластифікуючі добавки підвищують рухливість і знижують жорсткість бетонної суміші.

За характером дії розрізняють гідрофільне- та гідрофобно-пластифікуючі добавки.

Найпоширеніший представник гідрофільно-пластифікуючої добавки – ЛОТ (лігносульфонат технічний), який додають до бетонної суміші у кількості від 0,1 до 0,5 % маси цементу.

Гідрофобно-пластифікуючі добавки -милонфт, ГКР-10 – (гідрофобна кремнійорганічна рідина — стиліконат натрію), ГКР-11 (метиліконат натрію), ГКР-94 (етилгідросіліконова рідина).

За пластифікуючим ефектом ці добавки поділяють на:

- суперпластифікатори (уведення яких до суміші збільшує осадку конуса – ОК – від 2...4 до 20 см і більше)
- сильнопластифікуючі (що змінюють ОК від 2...4 до 14...19 см)
- середньопластифікуючі (змінюють ОК від 2...4 до 9...13 см)
- слабопластифікуючі (змінюють ОК від 2...4 до 8 см)



Суперпластифікатори – це синтетичні полімерні речовини (С-3, 10-03, 40- 03, ЛСТМ, Дофен, ОП-7). Кількість їх у бетонній суміші – від 0,2 до 1,2 % маси цементу.

Найбільш доцільні при формуванні виробів надто складного профілю, виготовленні високо міцних бетонів з підвищеною якістю лицьових поверхонь. Треба врахувати, що із застосуванням пластифікаторів можна досягти різних ефектів: поліпшити легкоукладальність бетонної суміші без зміни витрати цементу та міцності бетону; знизити водопотребу суміші за незмінної витрати цементу із зростанням міцності бетону; одночасно знизити витрату цементу і води, зберігши без змін легкоукладальність, що сприятиме економії цементу при незмінній міцності бетону.



Прискорювачі твердіння дають змогу швидше розпалублювати монолітні конструкції, скорочувати чи повністю відмовлятися від теплової обробки бетону, прискорювати оборотність борт-оснащення у виробництві збірного залізобетону, провадити термінові аварійно відновлювальні бетонні роботи.

Найчастіше застосовують такі прискорювачі: хлорид кальцію  $\text{CaCl}_2$ , сульфат натрію  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , поташ  $\text{K}_2\text{CO}_3$ , нітрат кальцію  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , нітрат натрію  $\text{NaNO}_3$  і комбінацію з цих добавок, наприклад нітрит-нітрат-хлорид кальцію.

Прискорювачі, що містять хлориди, агресивно діють на сталеву арматуру залізобетону, тому кількість таких добавок у звичайному залізобетоні обмежують 2 %, а в конструкціях з попередньо напруженою, арматурою зовсім не використовують.







Сповільнювачі тужавіння цементу – це вже відомі ЛСТ, ГКР-10, ГКР-11. Протиморозні добавки – хлориди кальцію і натрію, поташ. Повітровтягувальні добавки сприяють підвищенню легкоукладальності суміші і морозостійкості затверділого бетону.

Поліфункціональні добавки одночасно регулюють кілька властивостей бетонної суміші і бетону. Вони складаються з кількох компонентів, кожний з яких дає свій ефект (наприклад,  $\text{CaCl}_2+$  (+ЛСТ)). У будівельній практиці застосовують дуже широку номенклатуру таких добавок. Вибір добавок регламентують вимоги ДСТУ.

