




# Гірниче матеріалознавство





# 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.

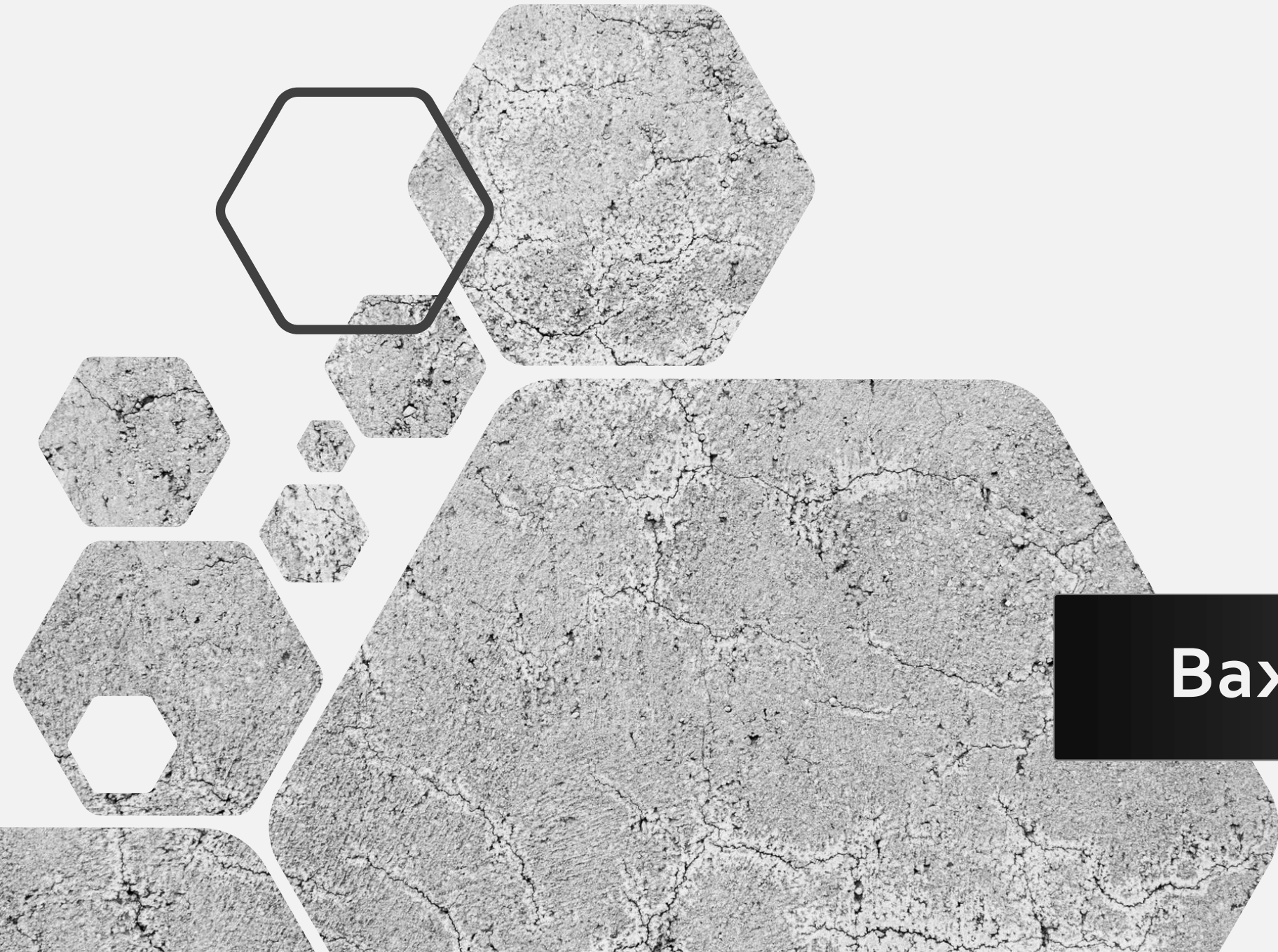


Бетон є економічним матеріалом, оскільки вироби з нього більш як на 80 % об'єму складаються з місцевої сировини: піску, щебеню, гравію чи побічних продуктів промисловості у вигляді шлаків, золи тощо.

У зв'язку з численністю видів, складів і властивостей бетонів їх класифікують за такими ознаками:

- **за основним призначенням** (конструкційні, спеціальні, жаро- та хімічностійкі, дорожні, гідротехнічні, декоративні, радіаційно-захисні, теплоізоляційні тощо);
- **за видом в'язучого** (цементні, вапнякові, гіпсові, шлакові, спеціальні);
- **за структурою** (щільні, пористі, ніздрюваті, крупно-пористі);
- **за розмірами заповнювача** (крупнозернистий із заповнювачем найбільшою крупністю від 10 до 150 мм, дрібнозернистий – із заповнювачем найбільшою крупністю 10 мм).





# Важкі бетони

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.

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

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.

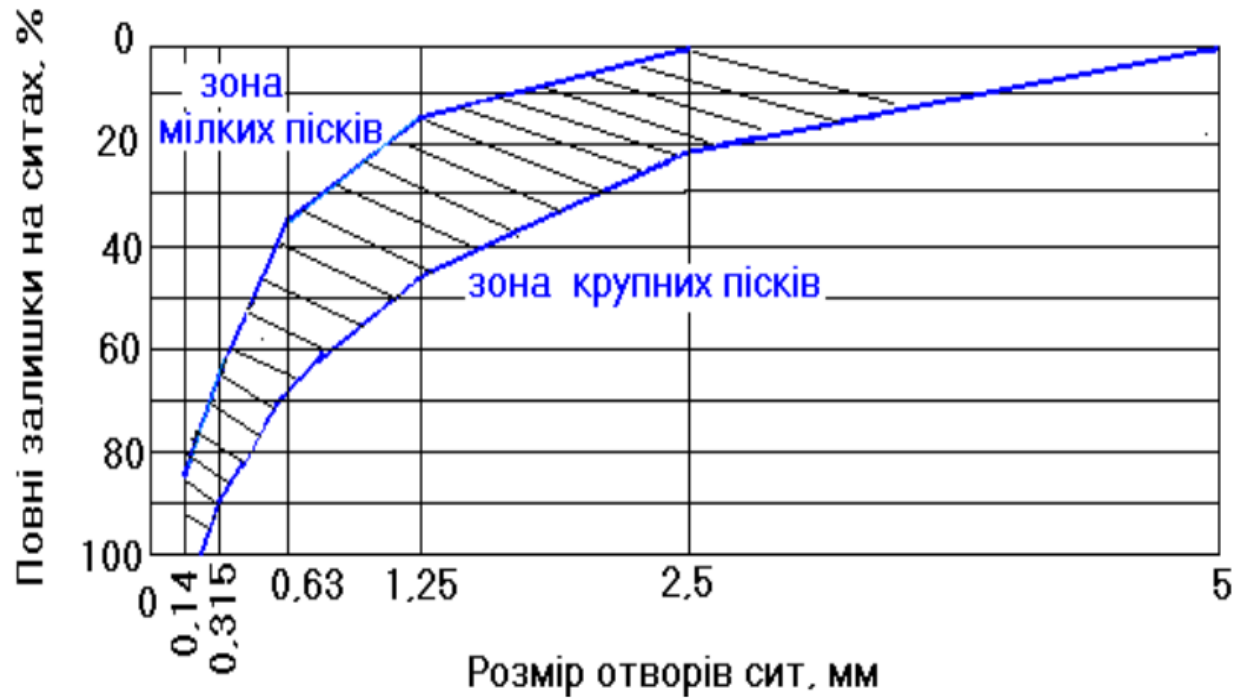
Якщо вміст глинястих та пилюватих домішок перевищує 3 % маси, піски потрібно промивати. Вміст органічних домішок визначають обробкою піску 3 %-м водним розчином NaOH. Колір розчину після обробки піску не повинен бути темнішим за еталон. Зерновий склад піску характеризується вмістом зерен різних розмірів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

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

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

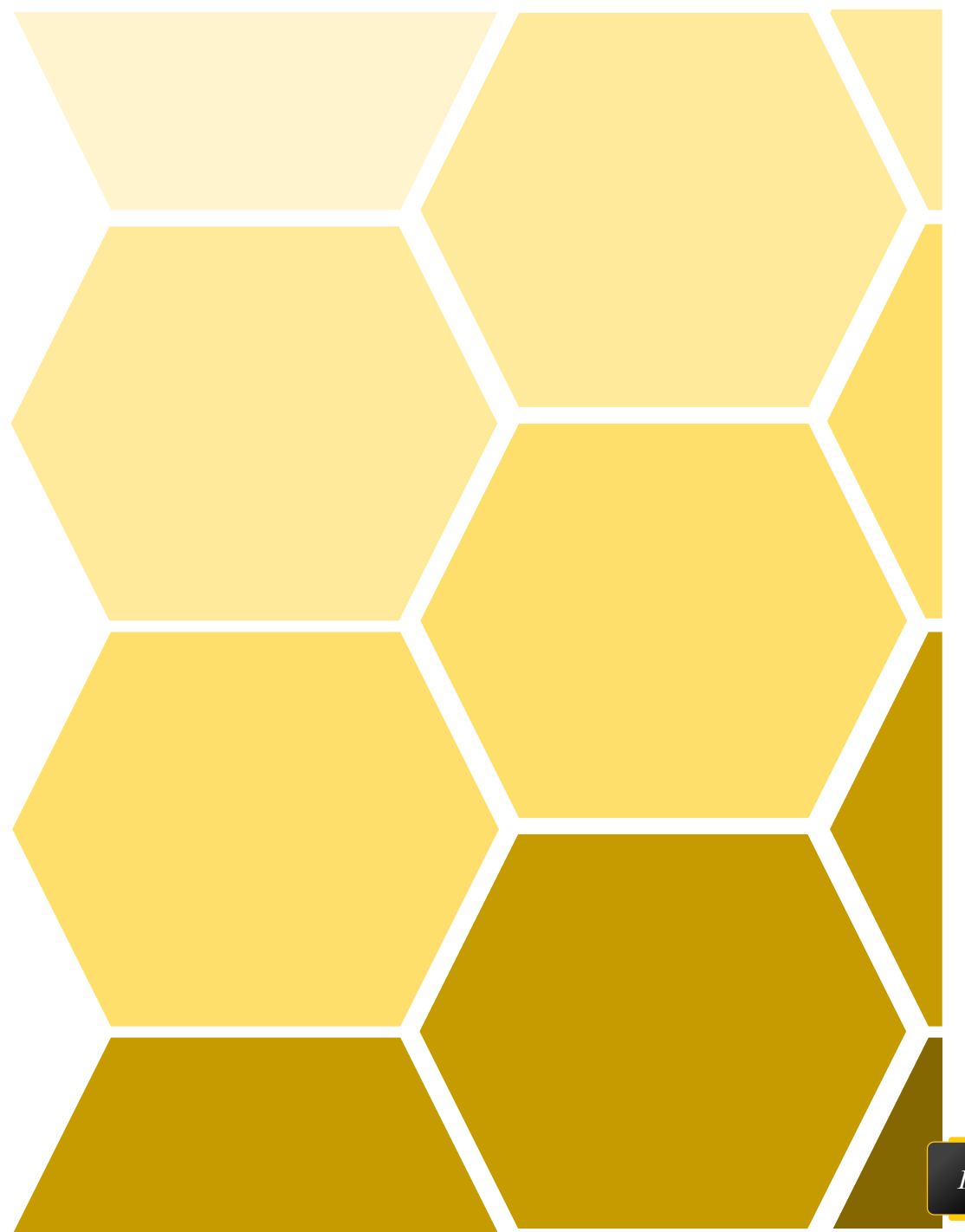




Модуль крупності піску визначають за формулою:

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

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



## Класифікація піску за крупністю

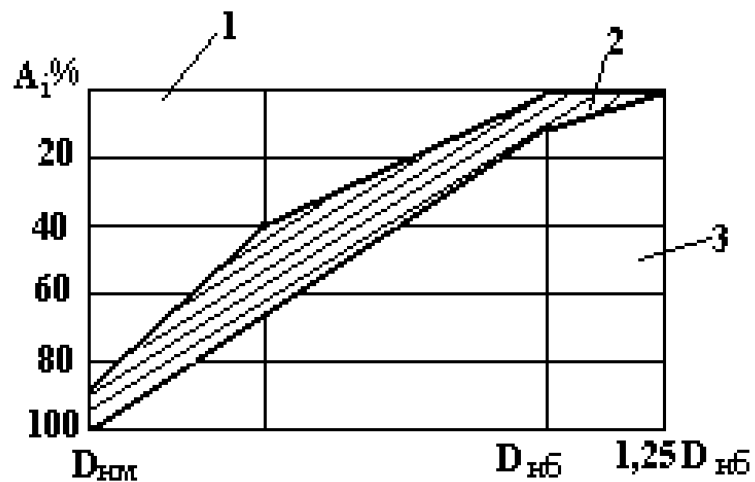
Група піску	$M_k$	Повний залишок на ситі 0,63 мм, %
Підвищеної крупності	3,0...3,5	65...75
Крупний	2,5...3,0	45...65
Середній	2,0...2,5	30...45
Дрібний	1,5...2,0	10...30
Дуже дрібний	1,0...1,5	до 10

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)



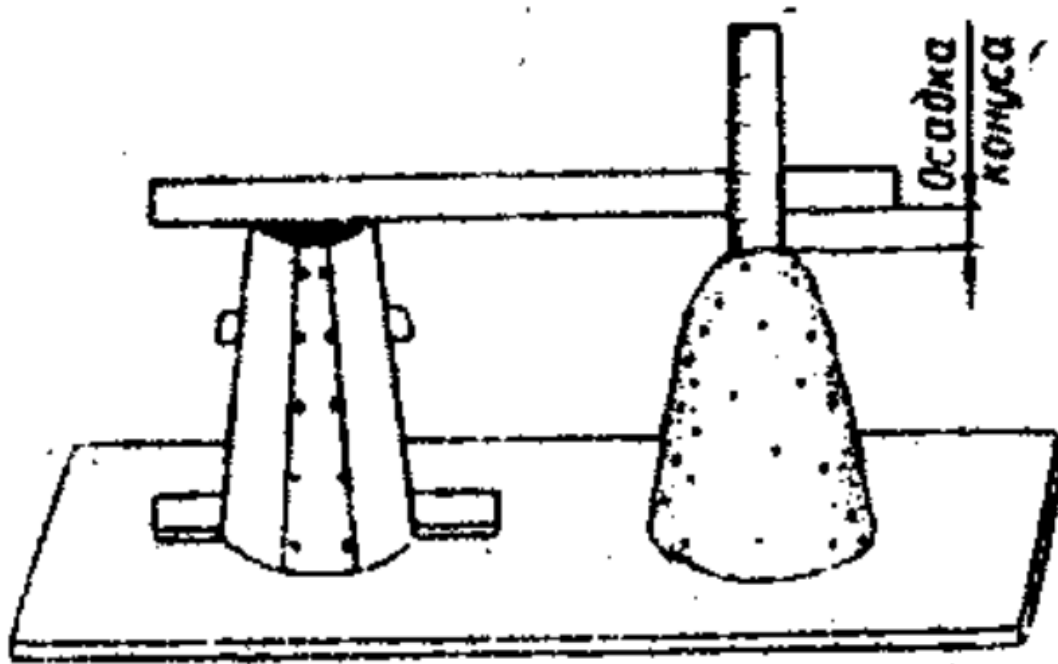


# Властивості бетонних сумішей

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.

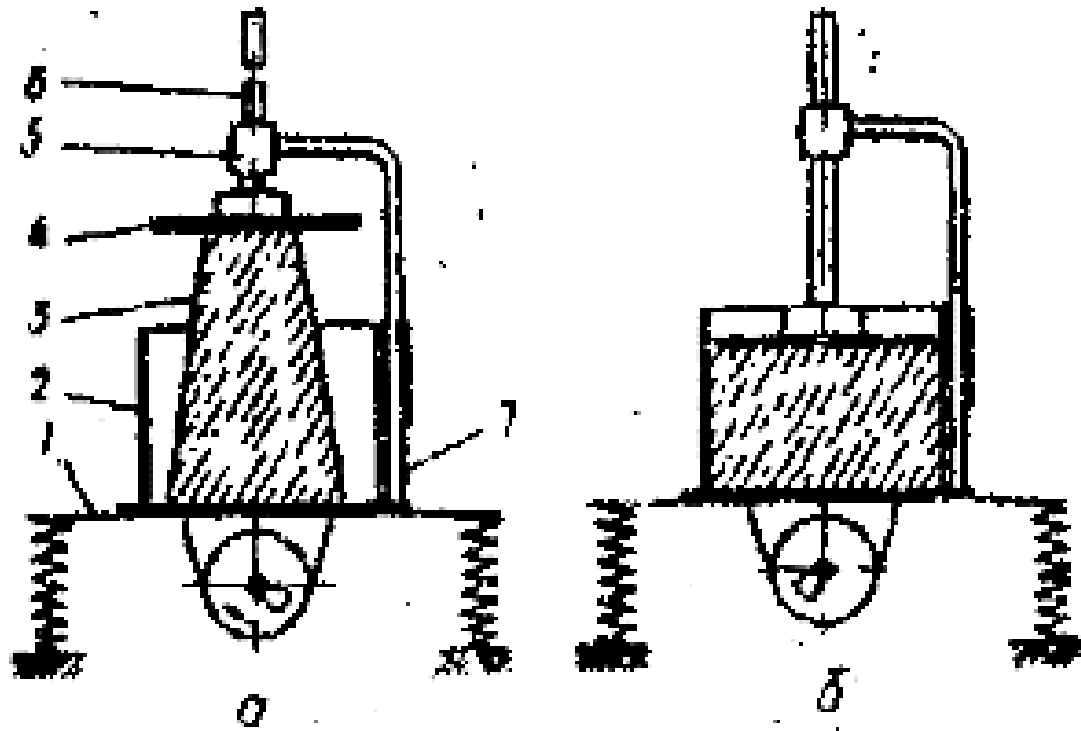




### Визначення рухливості бетонної суміші

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.





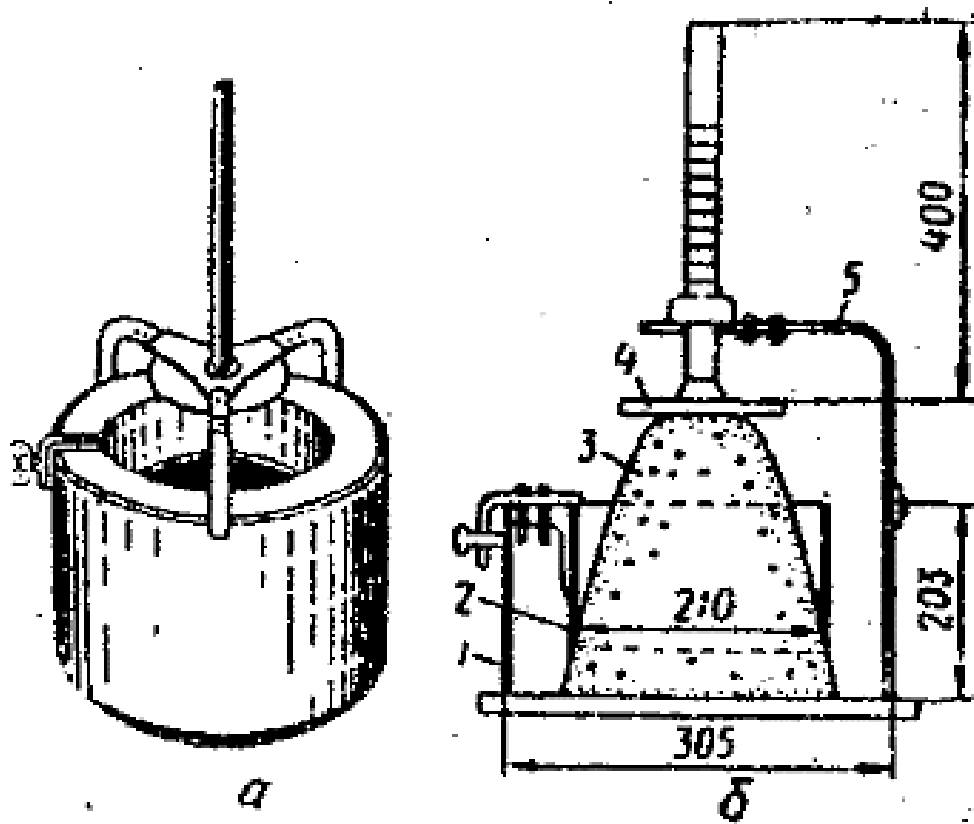
Визначення жорсткості бетонної суміші на приладі

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 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) та слабкопластифікуючі (змінюють ОК від 2...4 до 8 см). 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 — стилсиліконат натрію), ГКР-11 (метилсиліконат натрію), ГКР-94 (етилгідросиліконова рідина).



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,  $\text{CaCl}_2 + (+\text{ЛСТ})$ ). У будівельній практиці застосовують дуже широку номенклатуру таких добавок. Вибір добавок регламентують вимоги ДСТУ.