

Лекція 2. Фізико-механічні властивості бетонів та арматури. Сортамент арматури

П л а н

- 2.1. Бетон: загальні відомості, класифікація, структура.
- 2.2. Міцність, класи та марки бетонів, визначення фізико-механічних характеристик; види міцності.
- 2.3. Деформативність бетонів, види деформативності та їх характеристика. Усадка та повзучість.
- 2.4. Арматура: загальні відомості, класифікація.
- 2.5. Міцність, фактори які впливають на неї, визначення класу арматури.
- 2.6. Властивості арматурних сталей.
- 2.7. Конструктивні вимоги до виготовлення залізобетонних елементів.

У лекції будуть розглянуті питання застосування бетону та арматури для створення залізобетонних конструкцій, визначення їх фізико-механічних характеристик для подальшого розрахунку залізобетонних елементів та вплив на ці характеристики різних факторів.

2.1. Бетон: загальні відомості, класифікація, структура

Бетон як матеріал для залізобетонних конструкцій повинен мати визначені, задані наперед фізико-механічні властивості:

1. Необхідну міцність.
2. Добре зчеплення з арматурою.
3. Достатню щільність для захисту арматури від корозії.

В залежності від умов експлуатування бетон повинен задовольняти спеціальним вимогам:

- а) морозостійкість;
- б) жаростійкість;
- в) корозієстійкість.

Класифікація бетонів.

1. У залежності від питомої ваги бетони бувають:

- а) важкі (питома вага 2200-2500 кг/м³);
- б) легкі (питома вага 1800-2000 кг/м³);
- в) ніздрюваті (питома вага 800-1000 кг/м³).

Важкий бетон виготовляється із крупнозернистого заповнювача - граніту, лабрадориту, тощо.

Легкий бетон - це бетон, у якому крупнозернистий заповнювач виготовлено із керамзиту.

У ніздрюватого бетону крупнозернистого заповнювача немає зовсім. Прикладом може бути пінобетон, де спеціальні хімічні добавки утворюють піну, що застигає при твердінні.

2. В залежності від умов твердіння бетони бувають:

- а) природного твердіння;
- б) бетони з термовологою обробкою ($t + \text{вологість}$);
- в) автоклавна обробка ($t + \text{вологість} + \text{тиск}$).

3. За зерновим складом:

- а) крупнозернисті;
- б) дрібнозернисті.

2.2. Міцність, класи та марки бетонів, визначення фізико-механічних характеристик; види міцності

На міцність бетону впливає багато факторів:

а) зерновий склад – його підбирають таким чином, щоб об'єм пор у суміші заповнювачів був найменшим;

б) міцність заповнювачів та характер їх поверхні залежить від жорсткої поверхні заповнювачів, завдяки чому підвищується їх зчеплення з цементним розчином, тому бетон на щебені має більшу міцність, ніж на гравії;

в) марка цементу та його кількість. Для виготовлення бетону визначеної міцності цемент беруть на одну марку вище марки бетону (класу);

г) кількість води. Цей параметр характеризується В/Ц відношенням, а також зручноукладністю. Для хімічної реакції води з цементом досить $V/C = 0,2$, але це буде жорсткий розчин. Тому на практиці беруть бетони з $V/C = 0,4$, при цьому втрачається міцність. При твердінні зайва вода з розчину випаровується і залишаються пори. Кількість пор в одному об'ємі впливає на міцність. Тому чим більше В/Ц відношення, тим менша міцність;

д) необхідна щільність бетону досягається підбором зернового складу та високоякісним ущільненням за допомогою вібраторів. Збільшення щільності можна досягти за допомогою пластифікаторів, які у розчині заповнюють пори. Пори займають до $1/3$ усього об'єму бетону.

Класи та марки бетону.

В залежності від призначення залізобетонних конструкцій та умов їх експлуатації встановлюють наступні класи та марки бетону.

Класи бетону:

Клас бетону за міцністю на осьовий стиск - "В"

Клас бетону за міцністю на осьовий розтяг - "В_t"

В залежності від цих двох класів обчислюють міцність за емпіричними залежностями:

на динамічну дію;

на багатоповторну дію;

на зсув;

на сколювання;
на згин.

Марки бетону.

Марка бетону за морозостійкістю “Z” береться для конструкцій, які зазнають у вологому стані дії перемінного заморожування та відтавання.

Марка за водонепроникністю “W” береться для гідроспоруд та гребель.

Марка за щільністю “D”, якщо пред’являються вимоги теплоізоляції.

Класом бетону за міцністю на осьовий стиск “B” називаємо тимчасовий опір стиску бетонних кубів з розмірами 15x15x15 см, випробуваних через 28 діб при температурі 20 з урахуванням статичної перемінної міцності.

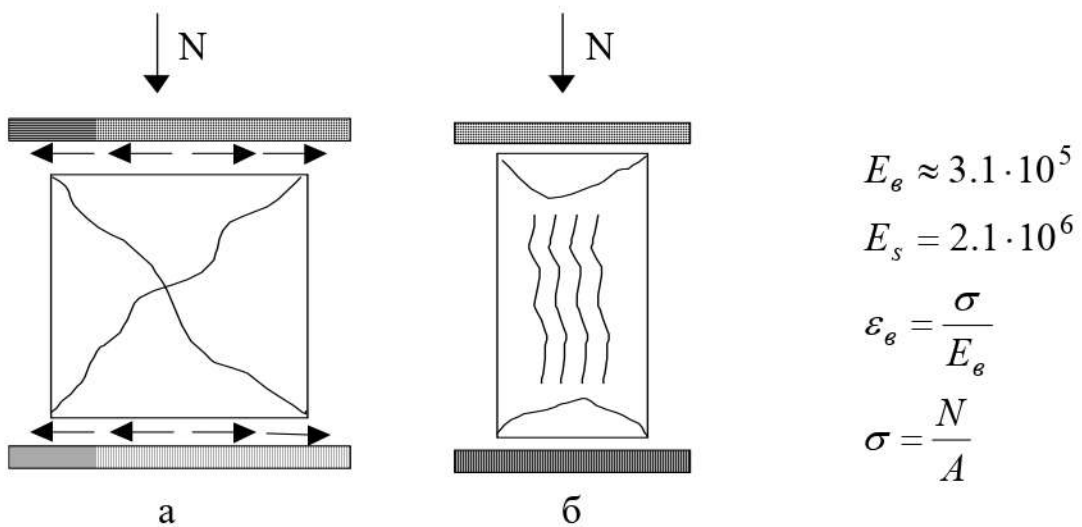


Рис. 1. Характер руйнування зразків

Така картина руйнування кубика буде через те, що на площах контакту бетону та сталі відбуваються деформації стримування і з відстанню вони зменшуються (рис. 1 а) тому, що модуль пружності бетону $\approx E_g = 3,1 \cdot 10^5$, а

арматури $2,1 \cdot 10^6$, $\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$. Щоб зменшити вплив металевих пластин на бетон кубика необхідно зменшити сили тертя металу по бетону.

Якщо змастити пластини маслом або покласти парафін чи резину, тертя зменшиться, але не зникне зовсім. Якщо допустити, що тертя зовсім немає, тоді руйнування буде таким, як на рис.1 б. Таким чином, випробовуючи кубики, ми одержуємо змішану міцність. Щоб одержати руйнування чистого бетону, необхідно випробувати призму за тією ж методикою (рис.1а). Вплив металевих пластин буде, але на малу відстань.

В середній частині призми бетон руйнується без впливу металевих частин, і це буде його міцність R_g , яка називається нормативною.

Щоб зменшити витрати цементу, на практиці випробовують кубики, а потім за таблицями визначають призмову міцність. Ці таблиці складені науково-дослідними інститутами.

А тепер зупинимось на історії розвитку випробування міцності бетону, і чому кубик має розміри сторін по 15 см. До війни у нашій країні випробувався кубик 20 см, і ця міцність була дуже близька до міцності у будівельних конструкціях. Але після війни для відродження країни необхідно було дуже багато цементу і викидати на вітер мільйони тонн цементу було надто дорого. Тому при визначенні міцності бетону перейшли до кубиків 10 см. Це у вісім раз менше, ніж кубик 20 см.

При цьому міцність завищувалась у конструкціях будов, що призводило до руйнування конструкцій. Так продовжувалось до 1962 р, поки за БНІП 1975 року було визначено зразки з розміром сторін 15x15x15 см.

При випробуванні призм ми одержуємо нормативну міцність бетону, яка дорівнює величині, одержаній при випробуванні, помноженій на коефіцієнт надійної ймовірності, що враховує велику кількість випробувань.

Таким чином, коли визначають міцність за таблицями, то необхідно брати розрахункову міцність, яка враховує ще коефіцієнт надійності (для

$$\text{бетону } \approx 1,3) \quad R = \frac{R_{\sigma}^H}{R_{\sigma}}$$

Розглянемо, як визначається міцність на розтяг.

Виготовляються вісімки та розриваються на устаткуваннях, одержуємо нормативну міцність, далі враховуємо коефіцієнт надійності.

2.3 Деформативність бетонів, види деформативності та їх характеристика. Усадка та повзучість

Якщо візьмемо класичну формулу $\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$, то σ є гранична величина

R_{σ} .

E - модуль пружності матеріалу - практично не міняється, тоді розглянемо деформації бетону.

Деформації бетону, в залежності від причин їх виникнення, ділять на силові деформації та об'ємні деформації:

1. Силові деформації:
 - а) деформації від короткочасного навантаження,
 - б) деформації від довгочасного навантаження.
2. Об'ємні деформації (усадка, температурні деформації).

Необхідно знати, що бетон не підкоряється або лише частково підкоряється законам теорії пружності, тому при розрахунках залізобетонних конструкцій слід враховувати пластичні деформації (рис.2).

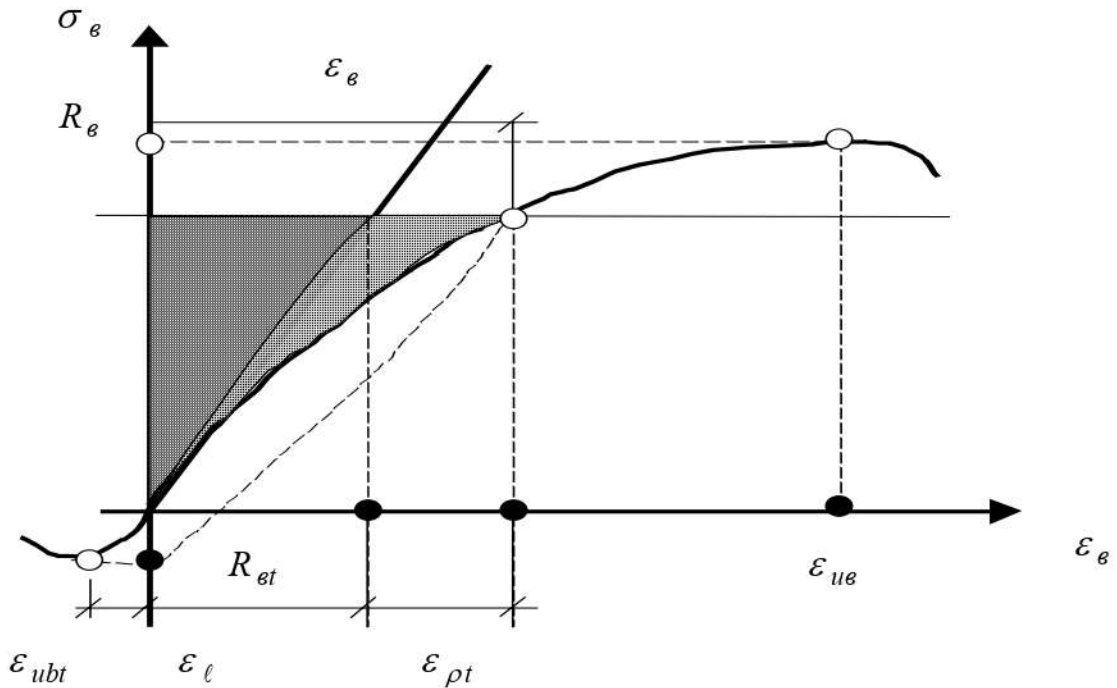


Рис. 2. Деформативність бетону при стискуванні

Бетону властиве нелінійне деформування (рис.2.). Починаючи з малих напружень, у ньому, крім пружних деформацій ϵ_ϵ , розвиваються пластичні деформації ϵ_{pt} .

Бетон має властивість зменшуватися в об'ємі при твердінні у звичайному повітряному середовищі. Ці деформації називаються усадкою. Як правило, усадка бетону відбувається найбільш інтенсивно в початковий період, а далі вона затухає. Чим менша вологість навколишнього середовища, тим більше усадкових деформацій.

Властивість бетону, яка характеризується збільшенням непружних деформацій протягом деякого часу при постійному напруженні, називається повзучістю бетону. Деформації повзучості можуть у 3-4 рази перевищувати пружні деформації. Природа повзучості бетону пов'язана з його структурою, тривалим процесом кристалізації та зменшенням кількості гелю при твердінні цементного каменю.

2.4. Армування: загальні відомості, класифікація

У нашій країні для армування використовується гнучка армування (стержні та дрот) і жорстка армування (прокатні елементи).

Класифікація армування.

1. В залежності від технології виготовлення армування буває :
 клас А - гарячекатана стержньова;
 клас В - холоднотягнута дротяна.
2. За формою поверхні

- а) гладка;
- б) періодичного профілю.

Ребра в арматурі періодичного профілю можуть бути розподілені у гвинтовому напрямку або ялинкою.

3. За засобом попереднього напруження:
 - а) ненапружена;
 - б) попередньо напружена.
4. За міцністю:
 - а) звичайна А I, В I;
 - б) високоміцна В II, В_pII.
5. За твердістю:
 - а) м'яка А I, В I;
 - б) тверда АII, АIII, А IV, АV, АVI;
В II В_pII.
6. За призначенням:
 - а) робоча;
 - б) конструктивна;
 - в) монтажна.

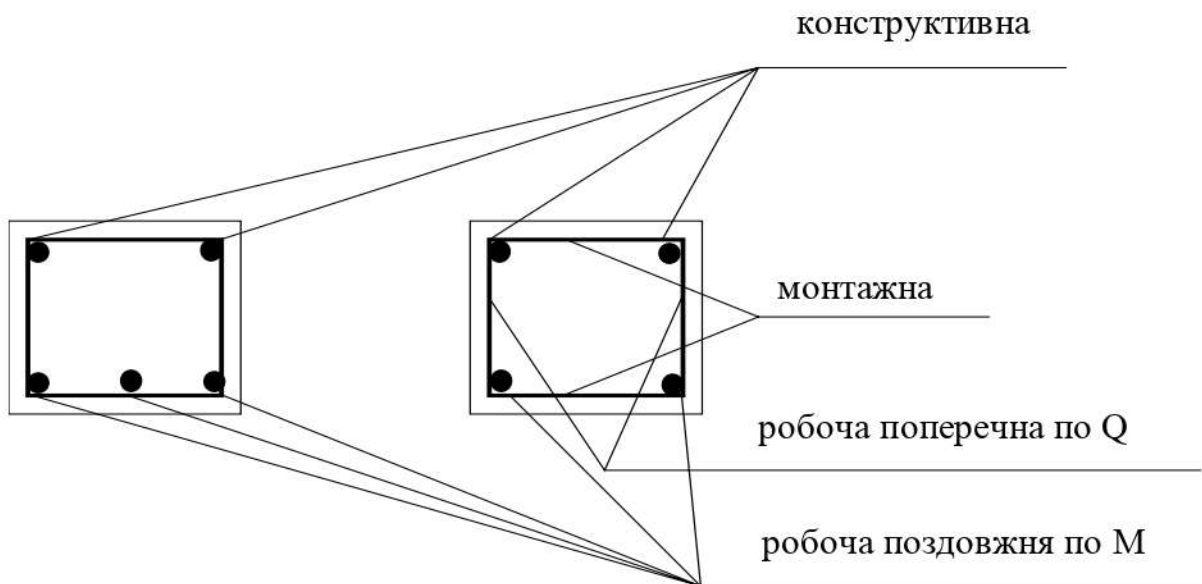


Рис.3 . Види арматури за призначенням

Робоча арматура ставиться за розрахунком по М та Q.

Конструктивна арматура ставиться для з'єднання стиснутої зони бетону з розтягнутою зоною в одне монолітне ціле, щоб ці два матеріали діяли як одне ціле.

Монтажна арматура ставиться на період виготовлення каркасу.

2.5. Міцність, фактори які впливають на неї, визначення класу арматури

Характеристики міцності та деформацій арматурних сталей визначають за діаграмою $\sigma_s - \varepsilon_s$, яку одержують в результаті випробування зразків на

розтяг. Гарячекатана арматурна сталь, яка має на діаграмі площадку текучості, має значне подовження після розриву – до 25% (м'яка сталь) (рис.4)

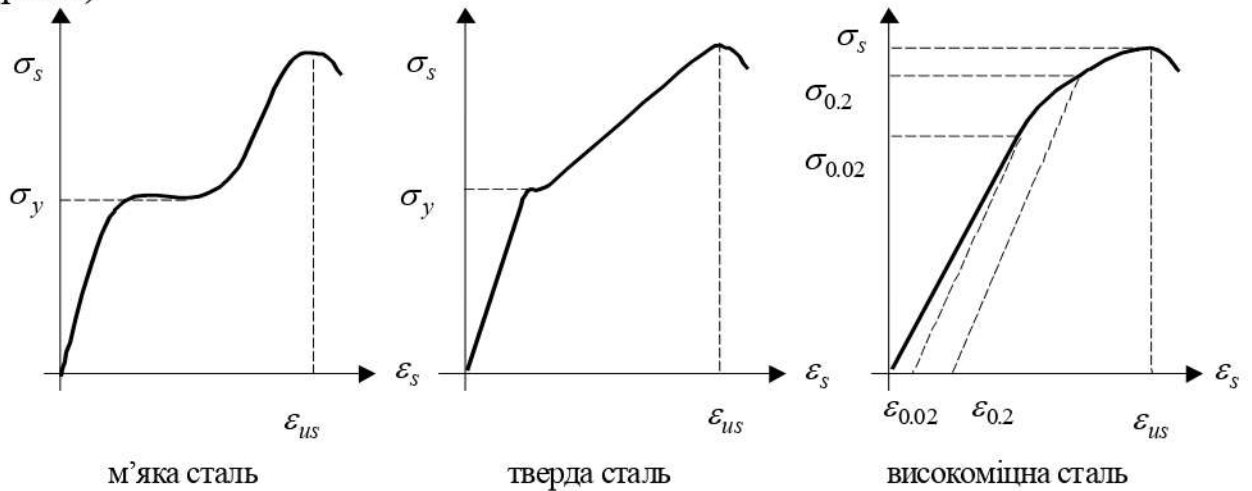


Рис. 4. Деформативність різних видів сталі

Збільшення міцності гарячекатаної арматурної сталі та зменшення подовження при розриві досягається введенням у її склад вуглецю та різних легуючих домішок: марганцю, кремнію, хрому, нікелю та ін. Вміст вуглецю більше, ніж на 0,3 ÷ 0,5% знижує пластичність та зварюваність сталі. Марганець збільшує міцність сталі без зниження її пластичності і т.д.

Суттєвого збільшення міцності гарячекатаної арматурної сталі досягають термічним зміцненням або холодним деформуванням. При термічному зміцненні здійснюється загартування арматурної сталі.

Високолеговані та термічно зміцнені арматурні сталі в пластичну стадію переходять поступово, що характеризується відсутністю площадки текучості. Для цих сталей установлюють умовну межу текучості – напруження $\sigma_{0,2}$, при якому залишкові деформації складають 0,2%, а також умовну межу пружності $\sigma_{0,02}$, при якій залишкові деформації дорівнюють 0,02%.

Витяжка у холодному стані дозволяє одержувати високу міцність стержнів великого діаметра. Багаторазове волочіння (через декілька послідовно зменшуваних у діаметрі отворів) у холодному стані дозволяє одержувати високоміцний дріт. При цьому тимчасовий опір значно збільшується, а подовження при розриві стають малими (4-6%) (рис. 4).

За нормативний опір арматури R_s^H і беруть найменші контрольовані значення межі текучості фізичного або умовного (0,2%), для дрітної арматури – тимчасовий опір розриву. Забезпеченість значень нормативного опору арматури, тобто їх надійна ймовірність береться 95-97%. Розрахунковий опір арматури R_s визначають діленням нормативного опору на коефіцієнт надійності K_s .

$$R_s = \frac{R_s H}{K_s} .$$

Далі розрахунковий опір зменшують на коефіцієнт умови роботи m_s , який враховує неповне використання міцності арматури, в разі нерівномірного розподілу напружень по перерізу, умов анкерування і т. д. Розрахунковий опір на стиск R_{3s} беруть R_s , але не більший, ніж 4000 кг/см^2 .

2.6. Властивості арматурних сталей

1. Пластичні властивості арматурних сталей мають велике значення для роботи залізобетонних конструкцій під навантаженням. Арматурна сталь має достатню пластичність, якщо при випробуванні її на згин у холодному стані навколо оправки, товщиною, що дорівнює 3 або 5 діаметрів стержня, вона не ламається.

Зниження пластичних властивостей може стати причиною раптового розриву арматури в конструкції під навантаженням.

2. Зварюваність арматурних сталей - характеризується надійністю з'єднання, відсутністю тріщин та інших вад металу в швах та прилеглих зонах. Зварюваність має важливе значення для механізованого виготовлення зварних сіток та каркасів, стискування стержнів та закладних деталей.

3. Холодноломкість або схильність до крихкого руйнування під навантаженням при від'ємних температурах (нижче за мінус 30°C).

4. Утомне руйнування арматурної сталі - спостерігається під час дії багаторазового повторюваного навантаження і має характер крихкого руйнування.

5. Динамічна міцність арматурної сталі - спостерігається при навантаженнях великої інтенсивності, що діють на споруду дуже короткий відрізок часу. В умовах великої швидкості деформування арматура працює пружно при напруженнях, які перевищують фізичну межу текучості, а пластичні деформації запізняються. Менше динамічне зміцнення виявляється на умовній межі текучості високоміцного дроту.

6. Реологічні властивості сталі характеризуються релаксацією та повзучістю. Повзучість зростає з підвищенням напружень та зростанням температури. Релаксація або зменшення напружень при постійній довжині, залежить від механічних властивостей сталей та їх хімічного складу, технології виготовлення та умов застосування.

2.7. Конструктивні вимоги до виготовлення залізобетонних елементів

1. Для армування залізобетонних конструкцій застосовують стержньову арматуру діаметром 10-40 мм, дротяну діаметром 3-8 мм та арматурні вироби з них.

2. Для армування залізобетонних конструкцій без попереднього напруження слід застосовувати арматурну сталь класу АІІ, звичайний арматурний дріт діаметром 3-5 мм класу В1, тільки для зварних сіток та каркасів допускається використовувати сталі класів АІІ та А1.

3. Захисний шар повинен бути у балках не менше, ніж 20 мм та не менший діаметра робочої арматури.

4. Відстань між стержнями у першому ряду повинна бути не меншою, ніж 25 мм та не меншою діаметра арматури. Те ж саме щодо висоти перерізу; у другому ряді - 50 мм.

5. Кількість арматурних стержнів повинна бути два, максимум три ряди. Тільки при такій кількості рядів робоча висота змінюється не набагато.

6. Якщо висота каркасу більша, ніж 60 см, ставиться допоміжний конструктивний стержень.

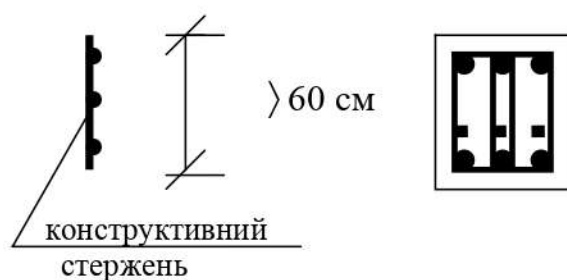


Рис. 5. Конструктивні вимоги при армуванні балок
(пункт 6, пункт 7)

7. Один поперечний хомут може охоплювати тільки 5 стержнів.
8. За засобами з'єднання арматурних стержнів у один каркас:
 - а) зварні;
 - б) в'язані.
9. При повздовжньому з'єднанні стержнів може бути два випадки:
 - а) при зв'язуванні стержнів величина напустку повинна бути 30 d;
 - б) при зварюванні напусткою або в стик

Запитання для самоперевірки

1. Як розподіляються бетони за різними ознаками?
2. Які існують три основних види бетонів?
3. Які основні види зразків застосовують для випробування бетону на

стиск та розтяг?

4. Як впливають розміри зразків на міцність бетону при стискуванні?
5. Які існують в нормах класи та марки бетону?
6. Який вигляд має діаграма $\varepsilon - \sigma$ бетону при одноразовому короткочасному навантаженні?
7. Яке призначення сталюї арматури у залізобетоні? Як армують балки та колони?
8. Яка існує класифікація арматурних сталей?
9. Що таке фізична межа текучості сталі, умовна межа текучості?
10. Як впливає хімічний склад арматурних сталей на їх механічні властивості?
11. Які властивості мають арматурні сталі?