

# ТЕМА 10. ПІДБІР АРМУВАННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ПЕРЕВІРКА АРМУВАННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

## План

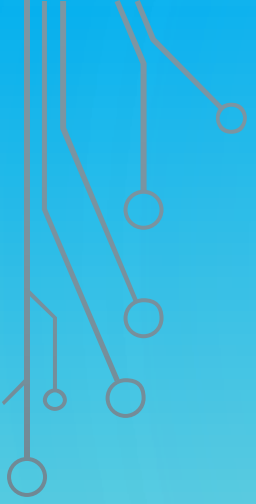
1. Призначення та можливості систем проектування залізобетонних конструкцій АРМ-САПР в локальному та наскрізному режимі.
2. Армування стержневих елементів.
3. Армування елементів пластин.
4. Перевірка заданого армування.
5. Призначення конструктивних елементів і уніфікація при розрахунку армування

# ПІДБІР АРМУВАННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИЗНАЧЕННЯ ТА МОЖЛИВОСТІ СИСТЕМ ПРОЕКТУВАННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ АРМ-САПР В ЛОКАЛЬНОМУ ТА НАСКРІЗНОМУ РЕЖИМІ.


ПК ЛІРА дозволяє здійснювати підбір арматури і перевірку заданого армування в стержневих і пластинчастих елементах для різних випадків напруженого стану. Розрахунок ведеться відповідно до вимог ДБН В.2.6-98:2009 «Бетонні і залізобетонні конструкції. Основні положення», СНиП 2.03.01-84\*, СП 63.13330.2012, EUROCODE 2. При розрахунку армування застосовуються характеристики арматури, що відповідають ДСТУ 3760-98 «Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій».

Площі арматури за першою та другою групою граничних станів обчислюються за зусиллями від окремих завантажень, за *розрахунковими сполученнями навантажень (РСН)* або *розрахунковими сполученнями зусиль (РСЗ)*, отриманими у результаті розрахунку конструкції.

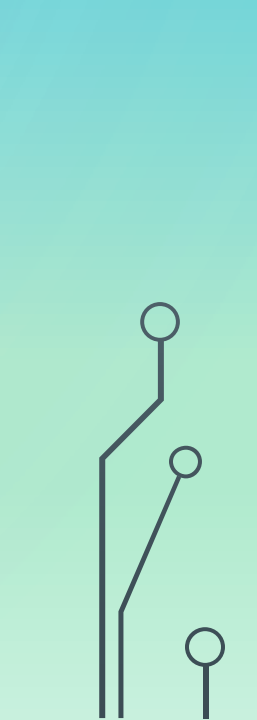
Вихідними даними для розрахунку армування є результати розрахунку зусиль та РСЗ в основній схемі. Усі дані необхідні для розрахунку і конструювання залізобетонних конструкцій зберігаються в файлі з основною схемою з розширенням *\*.lir*.

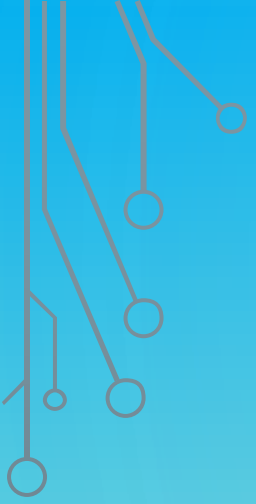


**Визначення армування здійснюється на основі нормативних даних, які містять відомості про розрахункові характеристики арматури та бетону, діаметри і площі арматурних стержнів і т.п.**



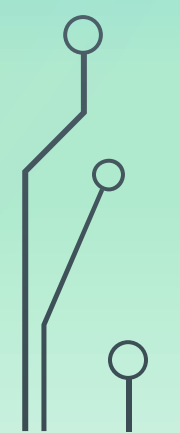

**Для підбору армування в ПК ЛІРА в інтерактивному режимі задаються додаткові дані: нормативні та розрахункові характеристики бетону і арматури, призначаються конструктивні елементи, задається уніфікація елементів і т.п.**





**Для визначення армування в елементах розрахункової схеми розроблені 4 модулі армування: СТЕРЖЕНЬ, БАЛКА-СТІНКА, ПЛИТА, ОБОЛОНКА.**

**Результати визначення армування, конструювання і перевірки на задане армування видаються у вигляді таблиць. Також результати можна проглянути в графічному виді на екрані монітора.**



# ПІДБІР АРМУВАННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ АРМУВАННЯ СТЕРЖНЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ.

Модуль армування **СТЕРЖЕНЬ** здійснює підбір арматури в стержневих елементах від таких зусиль:

- поздовжньої сили (стиск або розтяг)  $N_x$ ;
- крутного моменту  $M_k$ ;
- згинальних моментів у двох площинах  $M_y, M_z$ ;
- поперечних сил у двох площинах  $Q_y, Q_z$ .


Розрахунок виконується за першою (на міцність) і другою (на тріщиностійкість) групами граничних станів.

При підборі поздовжньої арматури граничний стан перерізу прийнятий у відповідності до ДБН В.2.6-98:2009: стиснута зона бетону з розрахунковим напруженням, розтягнута і стиснута арматура з розрахунковими опорами сталі.

Алгоритм має дві гілки: для плоского випадку (за наявності згинального моменту в одній площині та поздовжньої сили) і для просторового випадку (за наявності згинаючих моментів у 2-х площинах і поздовжньої сили).

У плоскому випадку завжди розраховується тавровий переріз з полицею в стиснутій зоні. За необхідності полиця знищується шляхом призначення для неї нульової висоти.


У просторовому випадку переріз розбивається на елементарні прямокутні площинки. Граничний стан шукається *методом ітерацій*.



Кожний переріз перевіряється на отриману з лінійного розрахунку кількість розрахункових сполучень зусиль (РСЗ). РСЗ формуються у результаті попереднього розрахунку в схеми або задаються користувачем в автономному режимі. Критеріями вибору РСЗ є екстремальні напруження в периферійних зонах перерізу.

Формуються дві внутрішні групи РСЗ: за наявністю короткочасних навантажень, сумарна тривалість яких мала (група В) і без таких (група А). Для цих двох груп РСЗ застосовуються різні коефіцієнти умов роботи бетону  $u_{\beta}$  (ДБН В.2.6- 98:2009). У розрахунку можна також використовувати РСН або зусилля, отримані після розрахунку всієї схеми.





Модуль враховує в розрахунку арматуру, що встановлюється за конструктивними вимогами. Для елементів, що працюють на згин, це стержні 010 мм по кутках перерізу, для стиснутих елементів - стержні 016 мм чи 012 мм для малих перерізів. При значних розмірах перерізу по сторонах ставиться конструктивна арматура. За необхідності можна відмовитися від конструктивних вимог ДБН В.2.6-98:2009.

Модуль СТЕРЖЕНЬ спирається на нормативну базу, в якій містяться розрахункові і нормативні характеристики матеріалів, а також процедури для визначення геометричних характеристик бетонного перерізу.

## Передбачена ознака особливих умов роботи стержнів:

- ❖ звичайний стержень;
  - ❖ балка;
  - ❖ колона;
  - ❖ пілон.

За бажанням користувача може бути виконане *симетричне* або *несиметричне армування* відносно місцевих осей перерізу  $Y1$  або  $Z1$ . Як правило, для елементів, що працюють на згин (балки), призначають несиметричне армування (зазвичай відносно горизонтальної осі  $Y1$ ). Для колон, як правило, призначають симетричне армування, оскільки в колонах згинаючі моменти обумовлені головним чином знакозмінними навантаженнями. Несиметричне армування колон може бути виправдане за наявності значних місцевих навантажень (кранових, ґрунтових)

У модулі СТЕРЖЕНЬ реалізовані два алгоритми підбору арматури, які вибираються користувачем:

- 1. Алгоритм дискретної арматури* з пріоритетним розташуванням стержнів у кутових зонах перерізу забезпечує найраціональніше розташування арматури, оскільки кутові стержні сприймають згинальні моменти обох напрямів. Цей підхід дозволяє зменшити необхідну площу арматурних стержнів;
- 2. Алгоритм розподіленої арматури* з рівномірним розташуванням розрахункових площ по сторонах перерізу. У порівнянні з алгоритмом дискретного армування такий підхід призводить до перевитрат арматури. Проте в цьому випадку користувачу надається можливість здійснити вибір діаметрів і розстановку арматурних стержнів самостійно.

## Алгоритм розподіленої арматури не допускається у таких випадках

при розрахунку просторового стержня, в якому один із згинальних моментів ( $M_y$  або  $M_z$ ) перевищує інший на 10%;

за наявності арматури, обумовленої дією крутного моменту, яка розташовується по сторонах перерізу і не може бути рівномірно розподіленою;

у двотавровому перерізі.

**У загальному випадку результати для кожного перерізу видаються  
у трьох рядках**

повна арматура, підібрана за  
першою та другою групами  
граничних станів

арматура, підібрана за  
першою групою граничних  
станів

частина арматури, зумовлена  
крученням

У результаті підбору арматури видаються такі величини (позначення - на рис. 10.2.1):

*Поздовжня арматура* (площі поздовжньої арматури (см<sup>2</sup>) і відсоток армування):

**AU1** - площа кутової нижньої поздовжньої арматури (в лівому нижньому кутку перерізу);

**AU2** - площа кутової нижньої поздовжньої арматури (в правому нижньому кутку перерізу);

**AU3** - площа кутової верхньої поздовжньої арматури (в лівому верхньому кутку перерізу);

**AU4** - площа кутової верхньої поздовжньої арматури (в правому верхньому кутку перерізу);

**AS1** - площа нижньої поздовжньої арматури;

**AS2** - площа верхньої поздовжньої арматури;

**AS3** - площа бічної поздовжньої арматури (біля лівого краю перерізу);

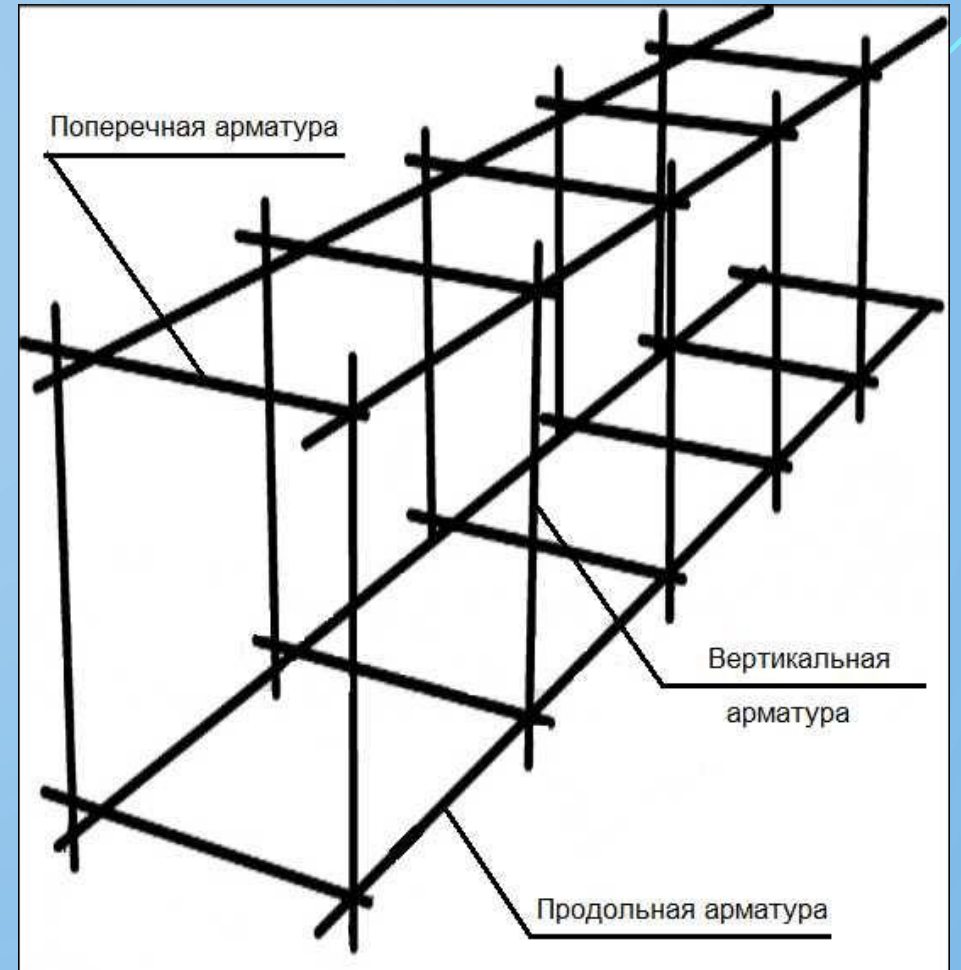
**AS4** - площа бічної поздовжньої арматури (біля правого краю перерізу).

**Поперечна арматура (площа поперечної арматури (см<sup>2</sup>)):**

**ASW1 - вертикальна поперечна арматура;  
ASW2 - горизонтальна поперечна арматура.**

**Видається також ширина короткочасного і тривалого розкриття тріщин (мм).**

**При підборі арматури з пріоритетом кутових стержнів у таблиці результатів площі кутових стержнів будуть виведені в графах AU1, AU2, AU3, AU4, а в графах AS1, AS2, AS3, AS4 - площі арматури без кутових стержнів.**



**Якщо був використаний алгоритм розподіленої арматури з рівномірним розташуванням розрахункових площ уздовж сторін перерізу, то кутова арматура AU1, AU2, AU3, AU4 входить у величини AS1, AS2.**

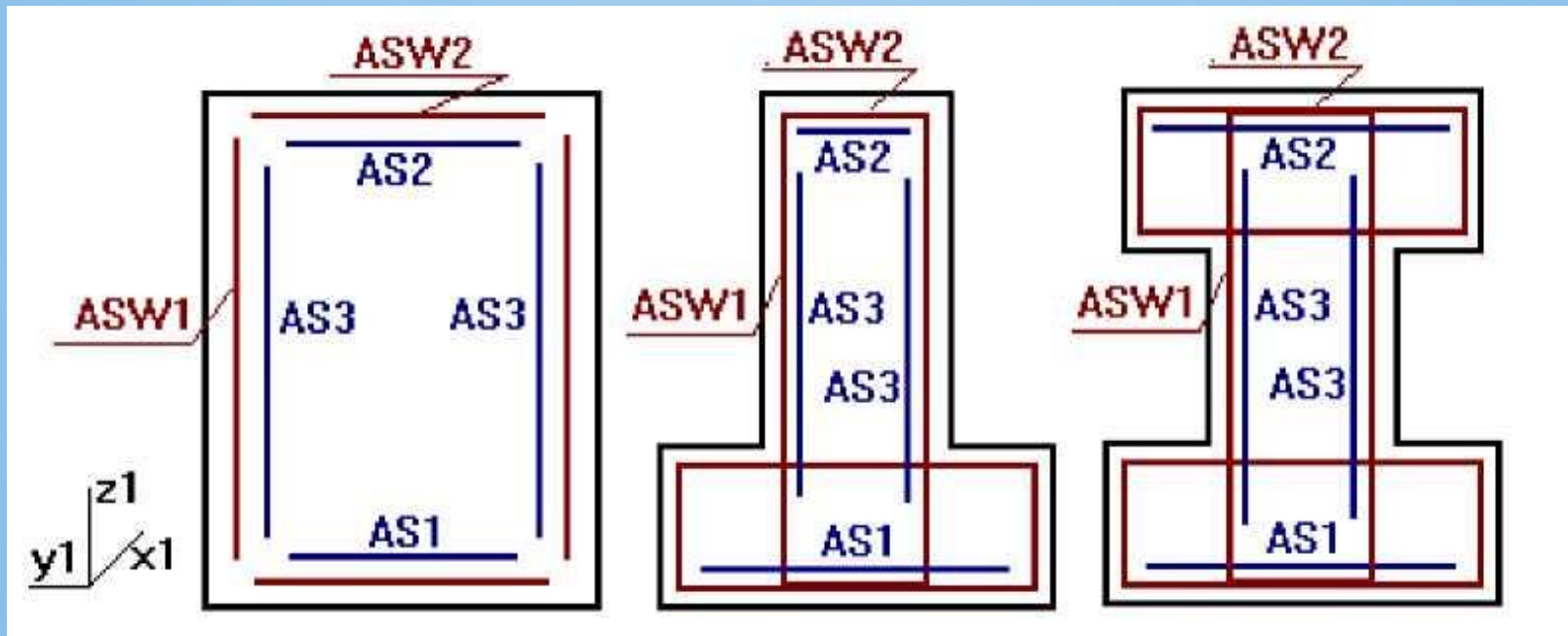


Рис. 10.2.1 - Розміщення арматури в перерізах стержнів



# Армування елементів пластин.

## Алгоритм призначений для визначення армування

тонкостінних залізобетонних елементів, у яких діють згинальні та крутні моменти, осьові та поперечні сили - елементи оболонки ( $N_x$ ,  $N_y$ ,  $T^x$ ,  $Q_x$ ,  $Q_y$ ,  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_k$ );

плоских залізобетонних елементів, у яких діють згинальні та крутні моменти, а також поперечні сили - елементи плити ( $Q_x$ ,  $Q_y$ ,  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_k$ );

залізобетонних елементів, що знаходяться у плоскому напруженому стані - елементи балки-стілки ( $M$ ,  $N_z$ ,  $T_xZ$ ).

У результаті підбору видаються (рис. 10.2.1):

*Поздовжня арматура* - площі поздовжньої арматури (см<sup>2</sup> на погонний метр):

**AS1 (AS<sub>x</sub>-н)** - нижня арматура у напрямку X (для балки-стілки посередині перерізу);

**AS2 (AS<sub>x</sub>-в)** - верхня арматура у напрямку X;

**AS3 (AS<sub>y</sub>-н)** - нижня арматура у напрямку Y (для балки-стілки посередині перерізу);

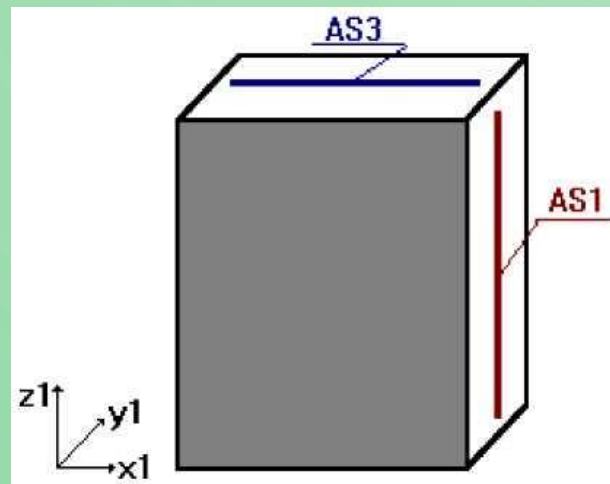
**AS4 (AS<sub>y</sub>-в)** - верхня арматура у напрямку Y.

**Поперечна арматура** - площі поперечної арматури (см<sup>2</sup> на погонний метр):

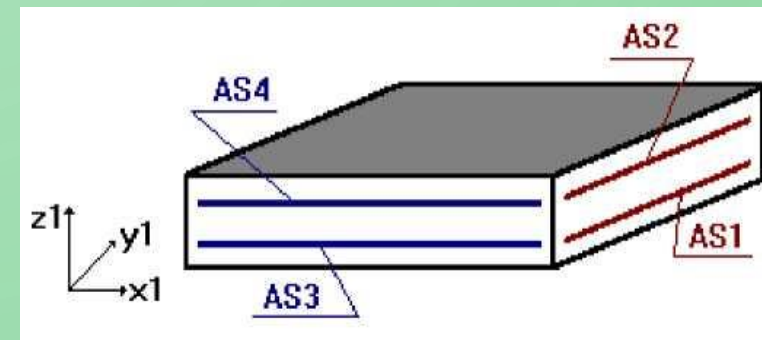
**ASW1** - у напрямку X;

**ASW2** - у напрямку Y;

Видається також ширина короткочасного і тривалого розкриття тріщин (мм).



А)



Б)

**Рисунок 10.2.2 - Розміщення арматури в пластинчастих елементах:  
а) - балках-стінках; б) - плитах і оболонках**

## *Перевірка заданого армування*

Перевірка армування здійснюється в системі АРМ-САПР локальний (ЛАРМ-САПР).

При перевірці заданого армування *стержневих елементів* у перерізі елемента за шаблоном задається розстановка поздовжніх арматурних стержнів і поперечної арматури. Розрізняють такі типи поздовжніх стержнів за розташуванням у перерізі - кутові нижні та верхні, нижні, верхні та бічні стержні першого і другого ряду. Довільні стержні задаються за координатами.

Перевірка здійснюється в кілька етапів. Спочатку визначається кількість *поздовжньої арматури*, що необхідна для сприйняття крутного моменту. Така арматура повинна бути розташована біля граней перерізу (не в кутках). Якщо необхідна арматура відсутня, видається повідомлення: «Переріз не проходить при перевірці роботи на кручення. Коефіцієнт запасу  $[k]$ ».

**Якщо сприйняття крутного моменту забезпечене, то арматура, необхідна для сприйняття моменту при перевірці на поздовжню силу і згинальні моменти, виключається.**

**Потім перевіряється *поперечна арматура* на дію поперечних сил. Якщо поперечної арматури недостатньо для сприйняття поперечної сили, видається повідомлення: «Переріз не проходить за умовою перевірки поперечної арматури на дію поперечної сили».**

**Потім здійснюється перевірка *поздовжньої арматури* на дію нормальної сили і згинальних моментів у двох площинах. Якщо переріз проходить, то зусилля збільшуються з кроком 5% до тих пір, доки не перевищать несучу здатність перерізу. У результаті цього видається повідомлення: «Переріз проходить. Коефіцієнт запасу  $[k]$ », де  $k$  - коефіцієнт до зовнішніх зусиль на передостанньому кроці ітерацій.**

Якщо переріз не проходить, то зусилля зменшуються з кроком 5% до тих пір, поки переріз не стане достатнім і видається повідомлення: «Переріз не проходить. Коефіцієнт запасу  $[k]$ », де  $k$  - коефіцієнт до зовнішніх зусиль на останньому кроці ітерацій.

При перевірці заданого *армування пластинчастих елементів* спочатку виконується введення або корегування поздовжньої та поперечної арматури в перерізі на 1 погонний метр довжини. При цьому може задаватися як кількість арматури та її діаметр, так і значення сумарної площі поперечного перерізу арматури.

Перевірка *поперечного армування* здійснюється за максимальною поперечною силою (із двох напрямків). Якщо поперечної арматури в одному з напрямів недостатньо, то видається повідомлення: «Переріз не проходить за умовою перевірки поперечної арматури на дію поперечної сили». Розрахунок припиняється.

# *Призначення конструктивних елементів і уніфікація при розрахунку армування.*

**Конструювання можливе тільки в стержневих елементах. Для того, щоб виконати конструювання залізобетонних стержневих елементів були введені наступні види елементів залежно від їх функціонального призначення і правил конструювання: БАЛКА; КОЛОНА.**

**Конструктивний елемент - це сукупність декількох скінченних елементів, які при конструюванні розглядатимуться як єдине ціле. Якщо конструктивний елемент складається з елементів виду БАЛКА, то на схемі він позначатиметься КБ, КОЛОНА - КК.**

**У конструктивний елемент можуть входити тільки елементи з однаковим перерізом. Між ними не повинно бути розривів, вони повинні мати спільні вузли і лежати на одній прямій. Конструктивні елементи не можуть входити в склад інших конструктивних елементів чи груп уніфікації скінченних елементів.**

**Для розрахунку конструктивних елементів вибираються всі РСЗ для всіх перерізів елементів, що входять в конструктивний елемент.**

**Уніфікація скінченних елементів використовується, коли необхідно підібрати однакове армування для декількох елементів. Використовуються наступні типи уніфікації:**

- всі перерізи уніфікуються між собою;**
- елементи уніфікуються між собою по відповідних перерізах;**
- елементи уніфікуються між собою з врахуванням симетрії.**

**Для уніфікації по 2-у і 3-у типах потрібно, щоб кількість розрахункових перерізів в уніфікованих елементах була однаковою.**



**Підбір армування уніфікованої групи відбувається по найбільш небезпечних РСЗ, котрі виникли у всіх перерізах елементів уніфікованої групи. Перевірка армування для елементів уніфікованої групи проводиться по РСЗ, що виникають в кожному елементі, а не по РСЗ всієї уніфікованої групи.**

**Якщо елементи виду БАЛКА об'єднані в групу уніфікації, то на схемі вони будуть позначені УБ, а далі номер групи уніфікації. Для КОЛОНИ аналогічно УК, а далі номер групи уніфікації. Якщо елементам, об'єднаним в уніфіковану групу не призначений вид, то вони позначаються буквою У і номером групи уніфікації.**

**Також дозволяється уніфікація конструктивних елементів, коли необхідно підібрати для них однакове армування. При уніфікації конструктивних елементів необхідно, щоб кількість елементів, що входять в уніфіковані конструктивні елементи, розміри перерізів та кількість розрахункових перерізів елементів були однаковими.**

**Якщо конструктивні елементи виду БАЛКА об'єднані в групу уніфікації, то умовне позначення буде УКБ, а далі номер групи уніфікації конструктивних елементів. Аналогічно для елементів виду КОЛОНА - УКК, а далі номер групи уніфікації конструктивних елементів.**

**Пластинчаті елементи також можуть бути включені в групи уніфікації. При цьому БАЛКИ-СТІНКИ на схемі вони будуть позначені УТ, ПЛИТИ - УП, ОБОЛОНКИ - УО, а далі номер групи уніфікації.**

**ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!**