



Звіт

***про роботу студентського наукового гуртка
кафедри будівництва***

“Комп’ютерне моделювання та конструювання будівель і споруд”

Київ, 2023

СКЛАД НАУКОВОГО ГУРТКА

1

Керівник гуртка:

к.т.н., старший викладач, Дмитренко Євген Анатолійович

Староста гуртка:

Студент гр. БЦІ - 2206м(д) Цуман А. В.

Члени гуртка:

Студенти ОКР «Магістр»:

Маслига І. О., Бочков М. С., Лазарева О. В., Білецький А. Л.,
Борейко С. Р., Волошко Ю. С., Кірпікіна А.С., Харченко Е.С.,
Кушнір М.О.

Студенти ОКР «Бакалавр»:

Кононовська А.В., Ганєєва А.Р., Цицюра М.О., Бончак С.А.,
Бобровник Н. Ю.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ ТА МЕТА НАУКОВОГО ГУРТКА

2

Актуальність використання комп'ютерних технологій у робочому процесі сучасного спеціаліста у сфері промислового та цивільного будівництва важко переоцінити, адже вони дозволяють значно прискорити процес створення проектної документації, підвищити якість та точність проектних рішень, розширити можливості їх аналізу та досліджень, і, у кінцевому рахунку, зменшити терміни і вартість зведення будівель та споруд в цілому.

Велику популярність за кордоном і у нашій країні здобула **BIM (Building Information Modelling)** - технологія проектування та моніторингу будівельних об'єктів та споруд, яка має суттєві переваги перед традиційною CAD-технологією. Одним із вітчизняних програмних комплексів, який реалізує цю технологію є **ПК «ЛІРА-САПР»** (продукти «ЛІРА-САПР», «САПФІР-3D», «МОНОМАХ», «ЕСПРІ»).

Тому основною **метою** роботи наукового гуртка було вивчення новітніх методик моделювання та розрахунку будівель та споруд за допомогою програм сімейства «ЛІРА-САПР», дослідження нормативних методик розрахунку залізобетонних конструкцій і вирішення науково-практичних задач, пов'язаних із темою кваліфікаційних робіт студентів.

Робота гуртка виконувалась у наступних напрямках:

1. Проведення чисельних досліджень застосування нормативної методики нелінійної деформаційної моделі (НДМ) при розрахунку залізобетонних пластинчастих конструкцій:

а) при чистому згині із різними схемами армування;

б) при позацентровому стиску із малими ексцентриситетами.

2. Чисельний аналіз застосування «трьохшарової моделі» для оцінки міцності залізобетонних оболонок.

3. Розробка схем посилення пошкоджених ригелів залізобетонного каркасу існуючої будівлі засобами ПК «ЛІРА-САПР».

ЧИСЕЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДИКИ НДМ ПРИ РОЗРАХУНКУ МІЦНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЛАСТИНЧАСТИХ ЕЛЕМЕНТІВ НДС – ПЛОСКИЙ ЗГИН

ВИХІДНІ ДАНІ

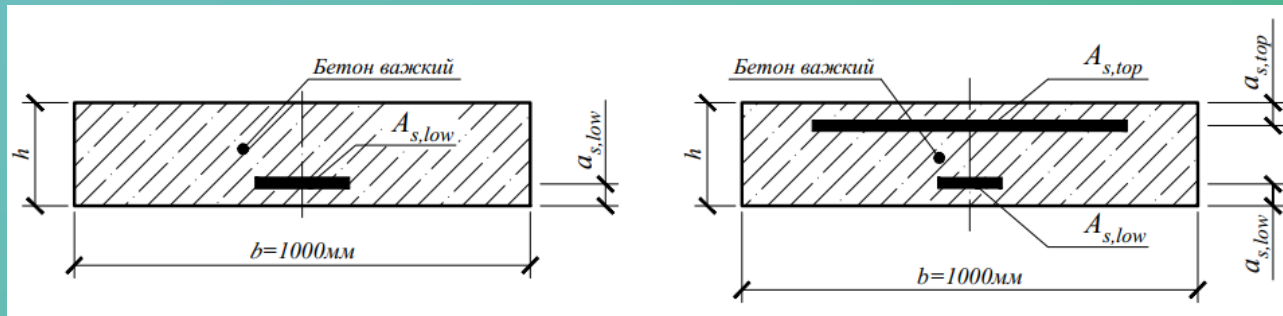


Рис. 1 Геометричні розміри та схеми армування перерізів:
а) із *одиначним* та б) із *подвійним* армуванням

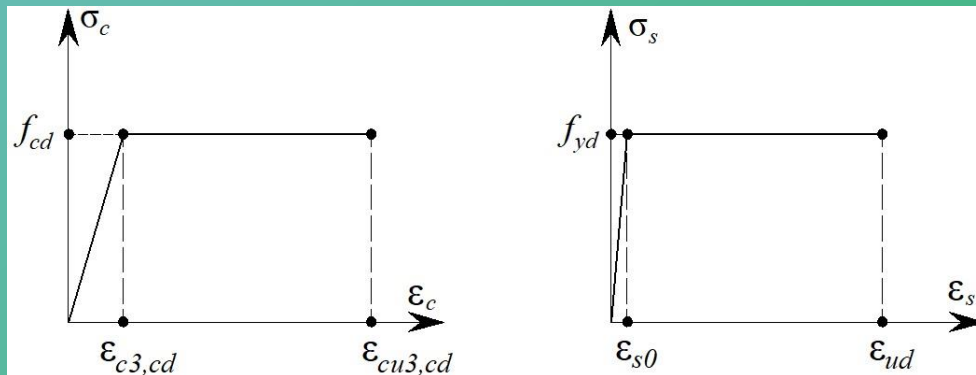


Рис. 2 Діаграми стану
матеріалів.
а – для бетону; б) для
арматури.

ЧИСЕЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДИКИ НДМ ПРИ РОЗРАХУНКУ МІЦНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЛАСТИНЧАСТИХ ЕЛЕМЕНТІВ НДС – ПЛОСКИЙ ЗГИН

ВИХІДНІ ДАНІ

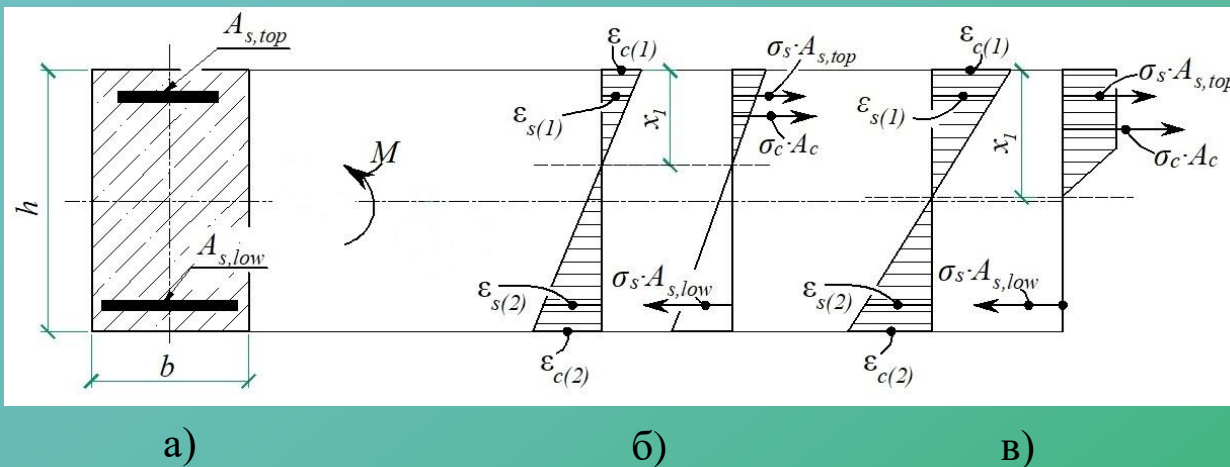


Рис. 3 Схема зусиль і розрахункові схеми напружень та деформацій при плоскому згині у нормальному перерізі із подвійним армуванням:

- а) – поперечний переріз;
- б) – при трикутній епюрі стиснутої зони;
- в) – при трапецієвидній епюрі стиснутої зони

$$\begin{cases} \sum X = 0; \frac{b \cdot E_{cd} \cdot \varepsilon_{c(1)}^2}{2 \cdot \aleph} + \sum_{i=1}^n A_{si} \cdot \sigma_{si} = 0, \\ \sum M = 0; \frac{b \cdot E_{cd} \cdot \varepsilon_{c(1)}^3}{3 \cdot \aleph^2} + \sum_{i=1}^n A_{si} \cdot \sigma_{si} \cdot \frac{\varepsilon_{c(1)} - \aleph * Z_{si}}{\aleph} - M = 0. \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} \sum X = 0; \frac{b \cdot f_{cd}}{2 \cdot \aleph} \cdot (2\varepsilon_{c(1)} - \varepsilon_{c3,cd}) + \sum_{i=1}^n A_{si} \cdot \sigma_{si} = 0, \\ \sum M = 0; \frac{b \cdot f_{cd}}{3 \cdot \aleph^2} (3\varepsilon_{c(1)} \cdot \varepsilon_{c3,cd} - 2\varepsilon_{c3,cd}^2) + \sum_{i=1}^n A_{si} \cdot \sigma_{si} \cdot \frac{\varepsilon_{c(1)} - \aleph * Z_{si}}{\aleph} - M = 0. \end{cases} \quad (2)$$

Невідомі:

$\varepsilon_{c(1)}, \varepsilon_{c(2)}/\chi$ – деформації крайніх стиснутої та розтягнутої фібр бетону.

Критерій знаходження рішення системи:

$$\sum N \leq \Delta N \quad (3)$$

ΔN – задана точність, кНм

ЧИСЕЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДИКИ НДМ ПРИ РОЗРАХУНКУ МІЦНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЛАСТИНЧАСТИХ ЕЛЕМЕНТІВ НДС – ПЛОСКИЙ ЗГИН

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

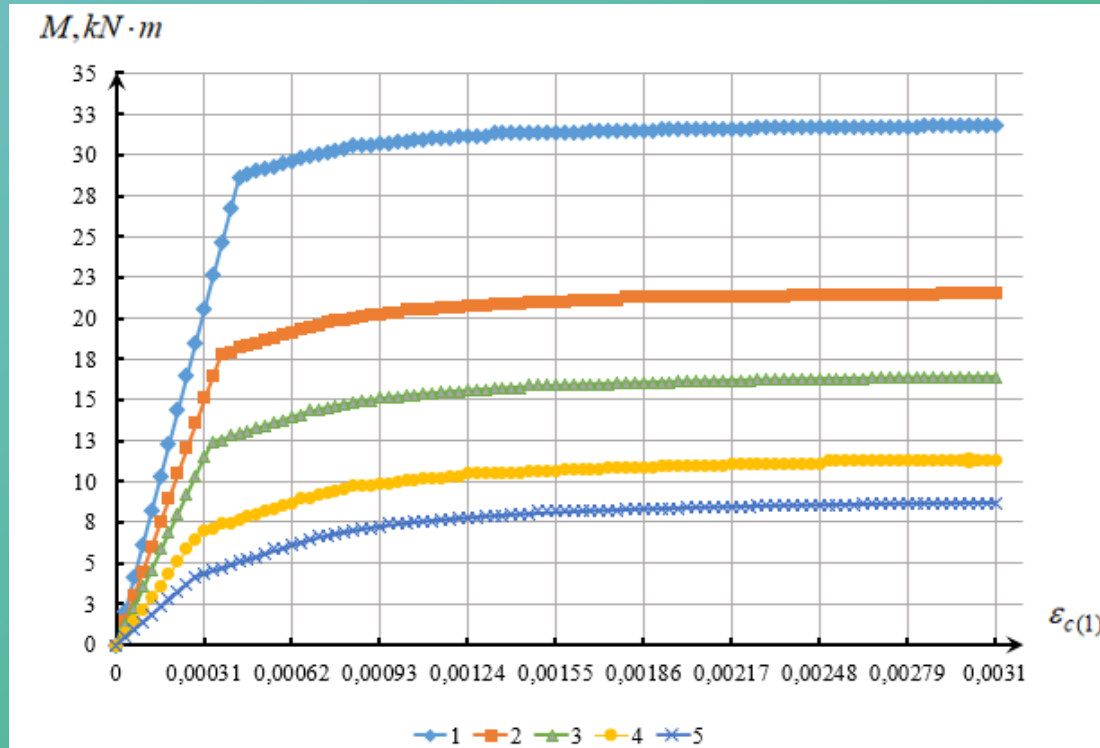


Рис. 4 Діаграми стану « $M - \varepsilon_{c(l)}$ » для досліджуваного перерізу із подвійним армуванням і площею верхньої та нижньої арматури $A_{s,top}/A_{s,low}$, клас бетону С20/25:

1 - 30/5 cm^2 ; 2 - 30/3 cm^2 ; 3 - 30/2 cm^2 ; 4 - 30/1 cm^2 ; 5 - 30/0,5 cm^2

ЧИСЕЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДИКИ НДМ ПРИ РОЗРАХУНКУ МІЦНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЛАСТИНЧАСТИХ ЕЛЕМЕНТІВ

НДС – ПЛОСКИЙ ЗГИН

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Таблиця 1. Результати чисельних розрахунків
дослідних залізобетонних перерізів

| Клас бетону | Кривизна χ , см ⁻¹ | Деформація $\varepsilon_{c(I)}$ (рівновага) | Висота стиснутої зони перерізу, см | Напруження у верхньому армуванні $\sigma_{s,top}$, МПа | Напруження у нижньому армуванні $\sigma_{s,low}$, МПа | Несуча здатність перерізу M_{int} , кНм | Площа арматури | | ρ , % |
|---------------------------|------------------------------------|---|------------------------------------|---|--|---|---------------------------------------|--------------------------------------|-------------|
| | | | | | | | верхньої $A_{s,top}$, м ² | нижньої $A_{s,low}$, м ² | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Одиночне армування | | | | | | | | | |
| C12/15 | 7,97E-04 | 1,0· ε_{cu} | 4,18 | - | -364,0 | 49,36 | - | 9,0 | 0,53 |
| | 1,19E-03 | 1,0· ε_{cu} | 2,79 | | | 34,32 | | 6,0 | 0,35 |
| | 1,59E-03 | 0,69· ε_{cu} | 1,45 | | | 17,86 | | 3,0 | 0,18 |
| | 1,51E-03 | 0,37· ε_{cu} | 0,81 | | | 9,10 | | 1,5 | 0,09 |
| | 1,47E-03 | 0,22· ε_{cu} | 0,5 | | | 4,59 | | 0,75 | 0,04 |
| C16/20 | 1,03E-03 | 1,0· ε_{cu} | 3,13 | - | -364,0 | 51,01 | - | 9,0 | 0,53 |
| | 1,55E-03 | 1,0· ε_{cu} | 2,09 | | | 35,05 | | 6,0 | 0,35 |
| | 1,53E-03 | 0,54· ε_{cu} | 1,14 | | | 18,04 | | 3,0 | 0,18 |
| | 1,50E-03 | 0,31· ε_{cu} | 0,67 | | | 9,14 | | 1,5 | 0,09 |
| | 1,50E-03 | 0,2· ε_{cu} | 0,43 | | | 4,60 | | 0,75 | 0,04 |
| C20/25 | 1,23E-03 | 1,0· ε_{cu} | 2,52 | - | -364,0 | 51,98 | - | 9,0 | 0,53 |
| | 1,62E-03 | 0,89·ε_{cu} | 1,70 | | | 35,47 | | 6,0 | 0,35 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------------------------|----------|--------------------------|------|---------|--------|-------|----|------|-------------|
| | 1,52E-03 | 0,47· ε_{cu} | 0,96 | | | 18,14 | | 3,0 | 0,18 |
| | 1,47E-03 | 0,28· ε_{cu} | 0,59 | | | 9,17 | | 1,5 | 0,09 |
| | 1,46E-03 | 0,19· ε_{cu} | 0,40 | | | 4,60 | | 0,75 | 0,04 |
| C25/30 | 1,38E-03 | 1,0· ε_{cu} | 2,17 | - | -364,0 | 52,52 | - | 9,0 | 0,53 |
| | 1,60E-03 | 0,8· ε_{cu} | 1,5 | | | 35,71 | | 6,0 | 0,35 |
| | 1,53E-03 | 0,44· ε_{cu} | 0,87 | | | 18,2 | | 3,0 | 0,18 |
| | 1,46E-03 | 0,27· ε_{cu} | 0,55 | | | 9,18 | | 1,5 | 0,09 |
| | 1,49E-03 | 0,19· ε_{cu} | 0,38 | | | 4,60 | | 0,75 | 0,04 |
| Подвійне армування | | | | | | | | | |
| C12/15 | 1,14E-03 | 1,0· ε_{cu} | 2,93 | -15,82 | -364,0 | 29,26 | 30 | 5 | 2,06 |
| | 1,17E-03 | | 2,84 | -37,80 | | 19,04 | | 3 | 1,94 |
| | 1,19E-03 | | 2,78 | -48,79 | | 13,93 | | 2 | 1,89 |
| | 1,21E-03 | | 2,75 | -59,77 | | 8,82 | | 1 | 1,82 |
| | 1,22E-03 | | 2,73 | -65,33 | | 6,27 | | 0,5 | 1,79 |
| C16/20 | 1,14E-03 | 1,0· ε_{cu} | 2,83 | -38,11 | -364,0 | 30,54 | 30 | 5 | 2,06 |
| | 1,18E-03 | | 2,74 | -59,43 | | 20,31 | | 3 | 1,94 |
| | 1,19E-03 | | 2,71 | -70,09 | | 15,19 | | 2 | 1,89 |
| | 1,21E-03 | | 2,67 | -80,87 | | 10,07 | | 1 | 1,82 |
| | 1,22E-03 | | 2,64 | -86,32 | | 7,51 | | 0,5 | 1,79 |
| C20/25 | 1,13E-03 | 1,0· ε_{cu} | 2,74 | -58,44 | -364,0 | 31,78 | 30 | 5 | 2,06 |
| | 1,17E-03 | | 2,66 | -79,13 | | 21,53 | | 3 | 1,94 |
| | 1,18E-03 | | 2,62 | -89,59 | | 16,40 | | 2 | 1,89 |
| | 1,20E-03 | | 2,58 | -100,05 | | 11,27 | | 1 | 1,82 |
| | 1,21E-03 | | 2,57 | -105,28 | | 8,71 | | 0,5 | 1,79 |
| C25/30 | 1,12E-03 | 1,0· ε_{cu} | 2,67 | -73,7 | -364,0 | 32,77 | 30 | 5 | 2,06 |
| | 1,16E-03 | | 2,59 | -94,01 | | 22,50 | | 3 | 1,94 |
| | 1,16E-03 | | 2,56 | -104,3 | | 17,36 | | 2 | 1,89 |
| | 1,19E-03 | | 2,52 | -114,4 | | 12,22 | | 1 | 1,82 |
| | 1,2E-03 | | 2,5 | -119,6 | | 9,65 | | 0,5 | 1,79 |

ЧИСЕЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДИКИ НДМ ПРИ РОЗРАХУНКУ МІЦНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЛАСТИНЧАСТИХ ЕЛЕМЕНТІВ НДС – ПОЗАЦЕНТРОВИЙ СТИСК ІЗ МАЛИМИ E_0 ВИХІДНІ ДАНІ

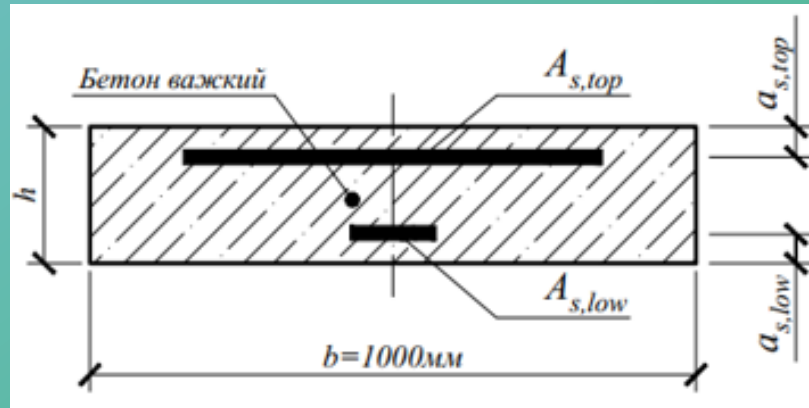


Рис. 5 Геометричні розміри та схема армування перерізів

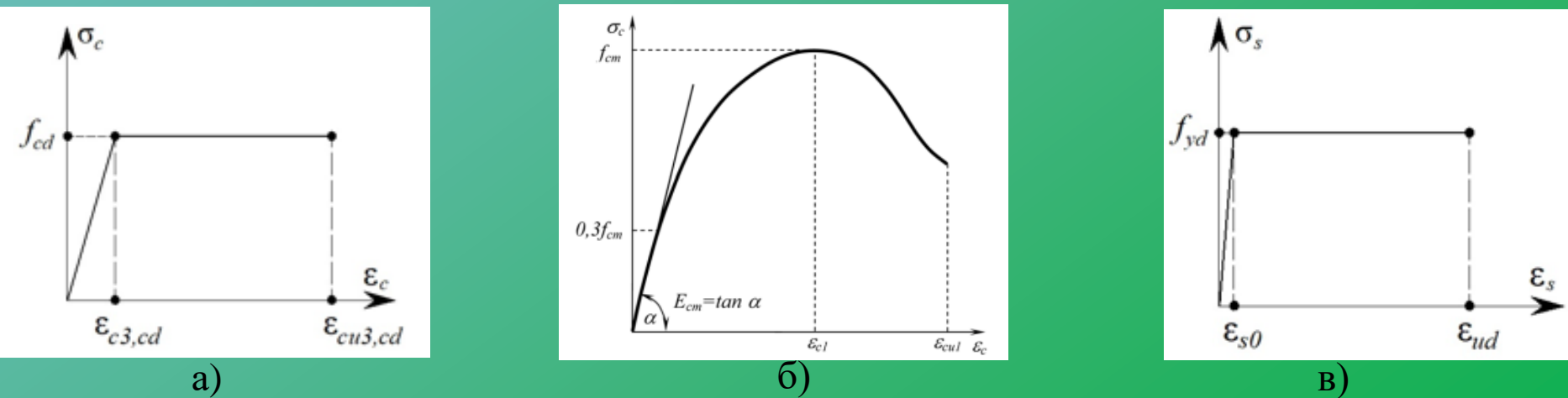


Рис. 6 Діаграми стану матеріалів.
а, б) – для бетону; в) для арматури.

ЧИСЕЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДИКИ НДМ ПРИ РОЗРАХУНКУ МІЦНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЛАСТИНЧАСТИХ ЕЛЕМЕНТІВ

НДС – ПОЗАЦЕНТРОВИЙ СТИСК ІЗ МАЛИМИ E_0

ВИХІДНІ ДАНІ

Рис. 7 Схема зусиль і розрахункові схеми напружень та деформацій при позацентровому стиску за I формою рівноваги у нормальному перерізі із подвійним армуванням:

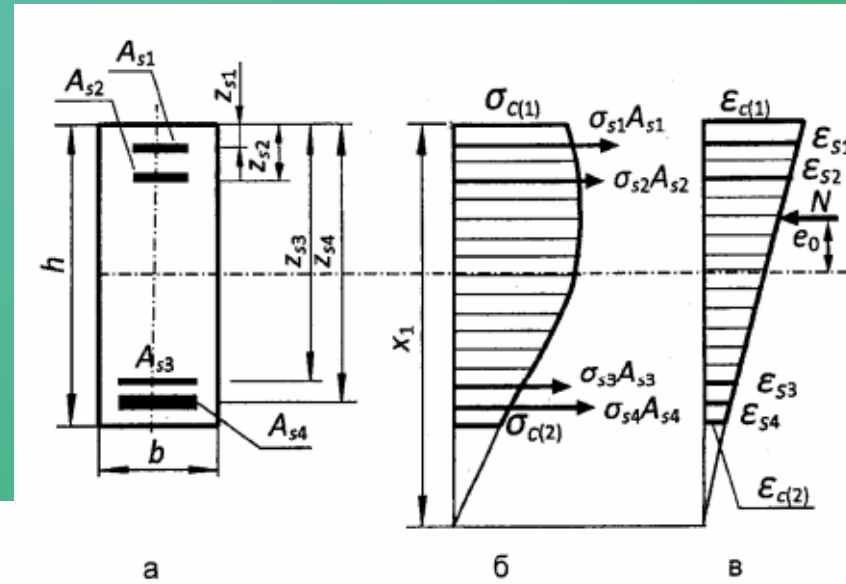
а) – поперечний переріз; б) – епюра напружень; в) – епюра деформацій;

Система рівнянь рівноваги при **криволінійній** епюрі напружень в бетоні:

$$\begin{cases} \sum X = 0; & \frac{bf_{cd}}{N} \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+1} \left(\frac{\epsilon_{c(1)}^{k+1} - \epsilon_{c(2)}^{k+1}}{\epsilon_{c1}^{k+1}} \right) + \sum_{i=1}^n \sigma_{si} A_{si} - N = 0, \\ \sum M = 0; & \frac{bf_{cd}}{N^2} \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+2} \left(\frac{\epsilon_{c(1)}^{k+2} - \epsilon_{c(2)}^{k+2}}{\epsilon_{c1}^{k+2}} \right) + \sum_{i=1}^n \sigma_{si} A_{si} (x_1 - z_{si}) - M = 0. \end{cases} \quad (1)$$

Система рівнянь рівноваги при **білінійній** епюрі напружень в бетоні:

$$\begin{cases} \sum X = 0; & \frac{bf_{cd}}{2N} \left(2\epsilon_{c(1)} - \epsilon_{c3,cd} - \frac{\epsilon_{c(2)}^2 E_{cd}}{f_{cd}} \right) + \sum_{i=1}^n A_{si} \sigma_{si} - N = 0, \\ \sum M = 0; & \frac{bf_{cd}}{3N^2} \left(3\epsilon_{c(1)} \epsilon_{c3,cd} - 2\epsilon_{c3,cd}^2 - \frac{\epsilon_{c(2)}^3 E_{cd}}{f_{cd}} \right) + \sum_{i=1}^n A_{si} \sigma_{si} \frac{\epsilon_{c(1)} - Nz_{si}}{N} - M = 0. \end{cases} \quad (2)$$



Критерій знаходження рішення системи:

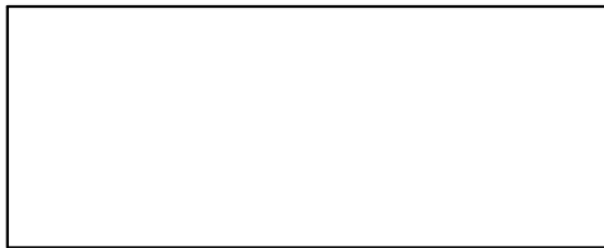
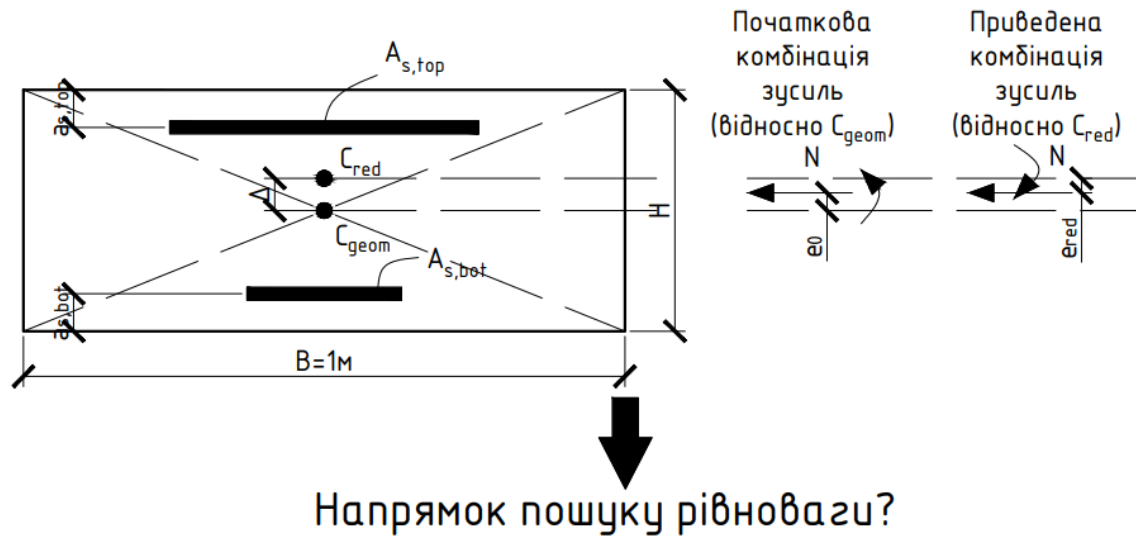
$$\sum M \leq \Delta M \quad (3)$$

ΔM – задана точність, кНм

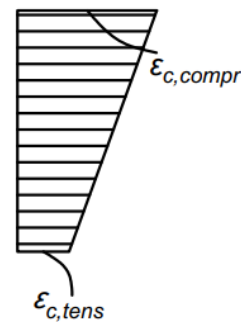
ЧИСЕЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДИКИ НДМ ПРИ РОЗРАХУНКУ МІЦНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЛАСТИНЧАСТИХ ЕЛЕМЕНТІВ

НДС – ПОЗАЦЕНТРОВИЙ СТИСК ІЗ МАЛИМИ E_0

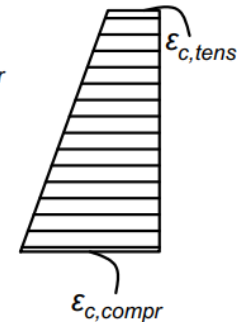
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ



I варіант



II варіант



Епюра деформації перерізу

ЧИСЕЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДИКИ НДМ ПРИ РОЗРАХУНКУ МІЦНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЛАСТИНЧАСТИХ ЕЛЕМЕНТІВ

НДС – ПОЗАЦЕНТРОВИЙ СТИСК ІЗ МАЛИМИ E_0

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Вихідні дані:

клас бетону – С16/20;

співвідношення $A_{s,top}/A_{s,bot} = 60\text{см}^2/30\text{см}^2 = 2$;

Позд. сила $N = 1000\text{kN}$;

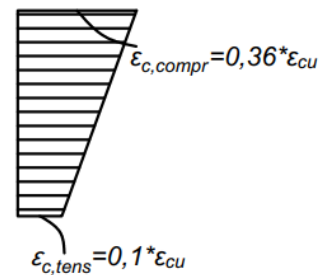
Згинальний момент $M = 5\text{kNm}$;

Початковий ексцентриситет $e_0 = 0,5\text{см}$;

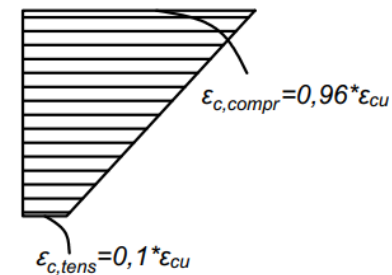
Приведений ексцентриситет $e_{red} = -0,25\text{см}$;

Білінійна діаграма (епюра деформацій)

I рішення



II рішення



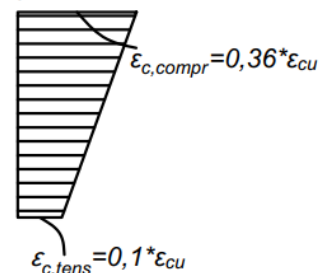
Несуча здатність N :

1213kN

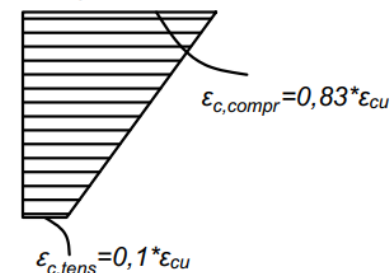
2016kN

Криволінійна діаграма (епюра деформацій)

I рішення



II рішення



Несуча здатність за
методом граничних зусиль:

$$N = f_{cd} * B * H + f_{yd} * (A_{s,top} + A_{s,bot}) = 5497\text{kN}$$

Несуча здатність N :

1335kN

2025kN

ЧИСЕЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДИКИ НДМ ПРИ РОЗРАХУНКУ МІЦНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЛАСТИНЧАСТИХ ЕЛЕМЕНТІВ НДС – ПОЗАЦЕНТРОВИЙ СТИСК ІЗ МАЛИМИ E_0 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Таблиця 2. Деякі результати чисельних розрахунків дослідних залізобетонних перерізів (криволінійна діаграма)

| Клас бетону | e_0 , см | e_{red} , см | $A_{s,top}/A_{s,bot} = 60\text{см}^2/30\text{см}^2$ | Несуча здатність перерізу N_{int} , kN | Деформація $\epsilon_{c(1)}$ | Деформація $\epsilon_{c(2)}$ | ρ , % |
|-------------|------------|----------------|---|--|------------------------------|------------------------------|------------|
| C16/20 | 0,5 | -0,25 | 2 | 2025 | $0,1 * \epsilon_{cu}$ | $0,83 * \epsilon_{cu}$ | 4,5 |
| | 0,75 | 0,0013 | | 2526 | $0,2 * \epsilon_{cu}$ | $0,85 * \epsilon_{cu}$ | |
| | 1,0 | 0,25 | | 2528 | $0,2 * \epsilon_{cu}$ | $0,99 * \epsilon_{cu}$ | |
| | 1,25 | 0,5 | | 4051 | $0,3 * \epsilon_{cu}$ | $0,28 * \epsilon_{cu}$ | |
| | 1,5 | 0,75 | | 5379 | $0,6 * \epsilon_{cu}$ | $0,4 * \epsilon_{cu}$ | |
| | 1,75 | 1,0 | | 5245 | $0,6 * \epsilon_{cu}$ | $0,33 * \epsilon_{cu}$ | |
| | 2 | 1,25 | | 5100 | $0,6 * \epsilon_{cu}$ | $0,27 * \epsilon_{cu}$ | |
| | 2,25 | 1,5 | | 4970 | $0,6 * \epsilon_{cu}$ | $0,22 * \epsilon_{cu}$ | |
| | 2,5 | 1,75 | | 4820 | $0,6 * \epsilon_{cu}$ | $0,175 * \epsilon_{cu}$ | |
| | 2,75 | 2 | | 4700 | $0,6 * \epsilon_{cu}$ | $0,13 * \epsilon_{cu}$ | |

ЧИСЕЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ «ТРЬОХШАРОВОЇ МОДЕЛІ» ДЛЯ ОЦІНКИ МІЦНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ОБОЛОНОК

ОПИС МОДЕЛІ

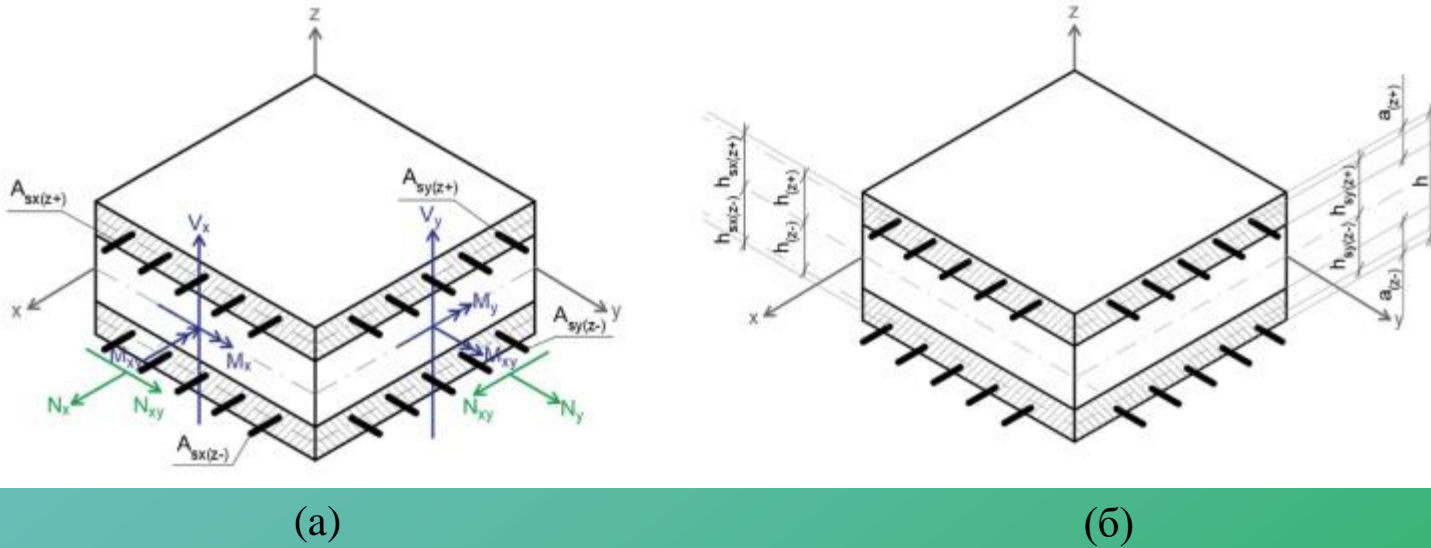


Рис. 8
Залізобетонний елемент оболонки в постановці трьохшарової моделі:
(а) навантаження та арматура. (б) розміри

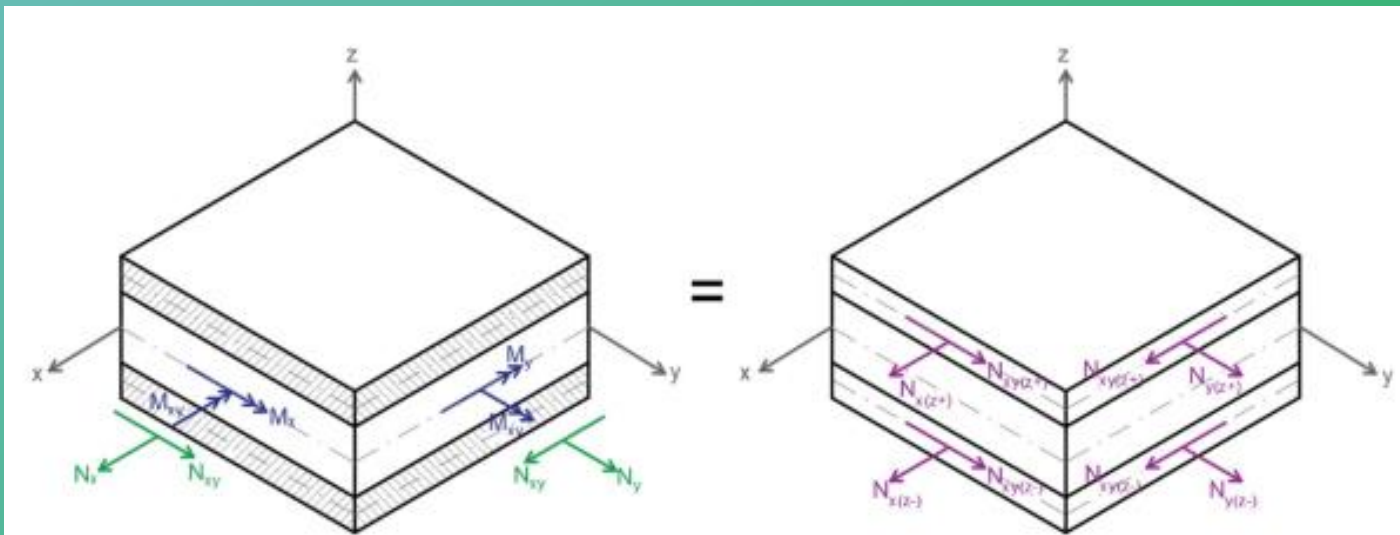


Рис. 9. Рівновага між навантаженнями, прикладеними до елемента оболонки, і силами мембрани зовнішніх шарів

ЧИСЕЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ «ТРЬОХШАРОВОЇ МОДЕЛІ» ДЛЯ ОЦІНКИ МІЦНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ОБОЛОНОК

ВИХІДНІ ДАНІ

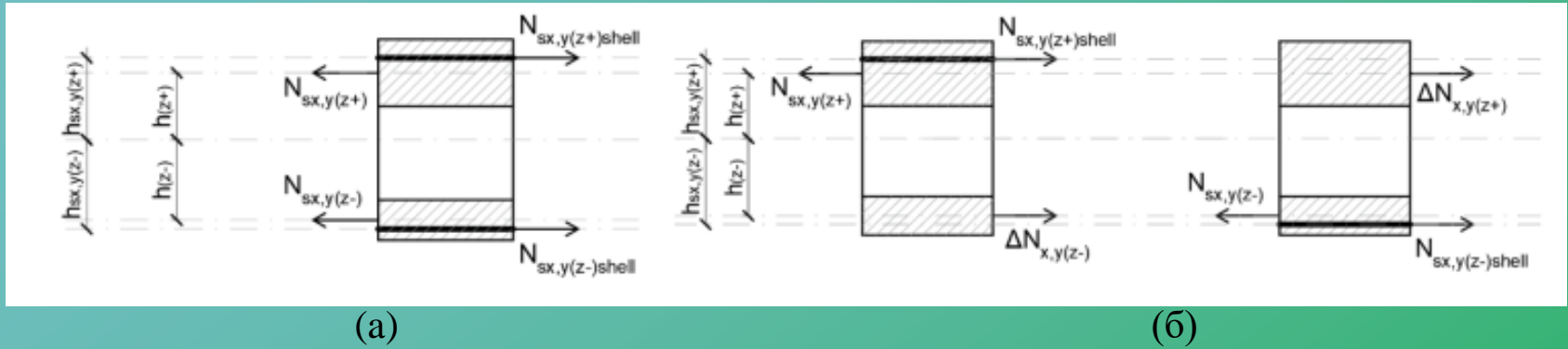


Рис. 10 Коригування зусиль в арматурі для випадків, коли армування необхідне в:
 (а) обох зовнішніх шарах;
 (б) тільки один зовнішній шар

Таблиця 3. Вихідні дані для досліджуваних елементів

| Elem. | h | $h_{sx,y(z+)}$ | $h_{sx,y(z-)}$ | $h_{sy,y(z+)}$ | $h_{sy,y(z-)}$ | f_{ck} | f_{yk} | γ_c | γ_s | N_x | N_y | N_{xy} | M_x | M_y | M_{xy} |
|-------|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|----------|----------|------------|------------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|
| | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [MPa] | [MPa] | | | [tf/m] | [tf/m] | [tf/m] | [tf.m/m] | [tf.m/m] | [tf.m/m] |
| 1 | 1.5 | 0.55 | 0.477 | 0.55 | 0.477 | 20 | 500 | 1.4 | 1.15 | 202.46 | -9.31 | 27.26 | -28.79 | -36.28 | -16.66 |
| 2 | 1.5 | 0.55 | 0.477 | 0.55 | 0.477 | 20 | 500 | 1.4 | 1.15 | -4.72 | 124.82 | -10.59 | -0.38 | 23.24 | 4.82 |
| 3 | 1.5 | 0.55 | 0.477 | 0.55 | 0.477 | 20 | 500 | 1.4 | 1.15 | -175.95 | -544.86 | -93.69 | 50.40 | 303.93 | 19.62 |
| 4 | 1.5 | 0.55 | 0.477 | 0.55 | 0.477 | 20 | 500 | 1.4 | 1.15 | -161.52 | 733.60 | -65.28 | 201.20 | 968.00 | 94.40 |

ЧИСЕЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ «ТРЬОХШАРОВОЇ МОДЕЛІ» ДЛЯ ОЦІНКИ МІЦНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ОБОЛОНОК

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Таблиця 4 Результати після обчислень досліджених елементів

| Element 1 | | Element 2 | |
|-----------------------------------|----------|-----------------------------------|----------|
| $a(z+)$ [m] | 0.040160 | $a(z+)$ [m] | 0.005969 |
| f_c [MPa] | 9.68 | f_c [MPa] | 8.40 |
| θ [degrees] | 2.97 | θ [degrees] | -63.07 |
| $a(z-)$ [m] | 0.064037 | $a(z-)$ [m] | 0.021726 |
| f_c [MPa] | 7.89 | f_c [MPa] | 7.89 |
| θ [degrees] | 45.00 | θ [degrees] | -45.00 |
| $A_{sx}(z+)$ [cm ² /m] | 13.85 | $A_{sx}(z+)$ [cm ² /m] | 0.00 |
| $A_{sx}(z-)$ [cm ² /m] | 38.55 | $A_{sx}(z-)$ [cm ² /m] | 1.80 |
| $A_{sy}(z+)$ [cm ² /m] | 0.00 | $A_{sy}(z+)$ [cm ² /m] | 18.32 |
| $A_{sy}(z-)$ [cm ² /m] | 12.59 | $A_{sy}(z-)$ [cm ² /m] | 12.60 |
| Element 3 | | Element 4 | |
| $a(z+)$ [m] | 0.056171 | $a(z+)$ [m] | 0.137339 |
| f_c [MPa] | 7.89 | f_c [MPa] | 7.89 |
| θ [degrees] | -53.41 | θ [degrees] | 45.00 |
| $a(z-)$ [m] | 0.536420 | $a(z-)$ [m] | 0.537011 |
| f_c [MPa] | 11.17 | f_c [MPa] | 11.17 |
| θ [degrees] | 0.00 | θ [degrees] | 0.00 |
| $A_{sx}(z+)$ [cm ² /m] | 0.00 | $A_{sx}(z+)$ [cm ² /m] | 41.56 |
| $A_{sx}(z-)$ [cm ² /m] | 0.00 | $A_{sx}(z-)$ [cm ² /m] | 0.00 |
| $A_{sy}(z+)$ [cm ² /m] | 13.46 | $A_{sy}(z+)$ [cm ² /m] | 308.64 |
| $A_{sy}(z-)$ [cm ² /m] | 0.00 | $A_{sy}(z-)$ [cm ² /m] | 0.00 |

РОЗРОБКА СХЕМ ПОСИЛЕННЯ ПОШКОДЖЕНИХ РИГЕЛІВ ЗАЛІЗОБЕТОННОГО КАРКАСУ ІСНУЮЧОЇ БУДІВЛІ ЗАСОБАМИ ПК «ЛІРА-САПР»

16

Загальна інформація про будівлю та результати обстеження



Рис. 11 Вузол спирання міжповерхових ригелів перекриття трапециєвидного перерізу на консолі збірних залізобетонних колон на позн. +11,200 (4 поверх), по осі «1» в осях «Д–Е»



Рис. 12 Фрагмент фасаду будівлі гаража по осі «А» в осях «20–27»



Рис. 13 Фрагмент фасаду будівлі гаража по осі «А» в осях «20–27»

РОЗРОБКА СХЕМ ПОСИЛЕННЯ ПОШКОДЖЕНИХ РИГЕЛІВ ЗАЛІЗОБЕТОННОГО КАРКАСУ ІСНУЮЧОЇ БУДІВЛИ ЗАСОБАМИ ПК «ЛІРА-САПР»

17

ВАРІАНТИ ПОСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ РИГЕЛІВ

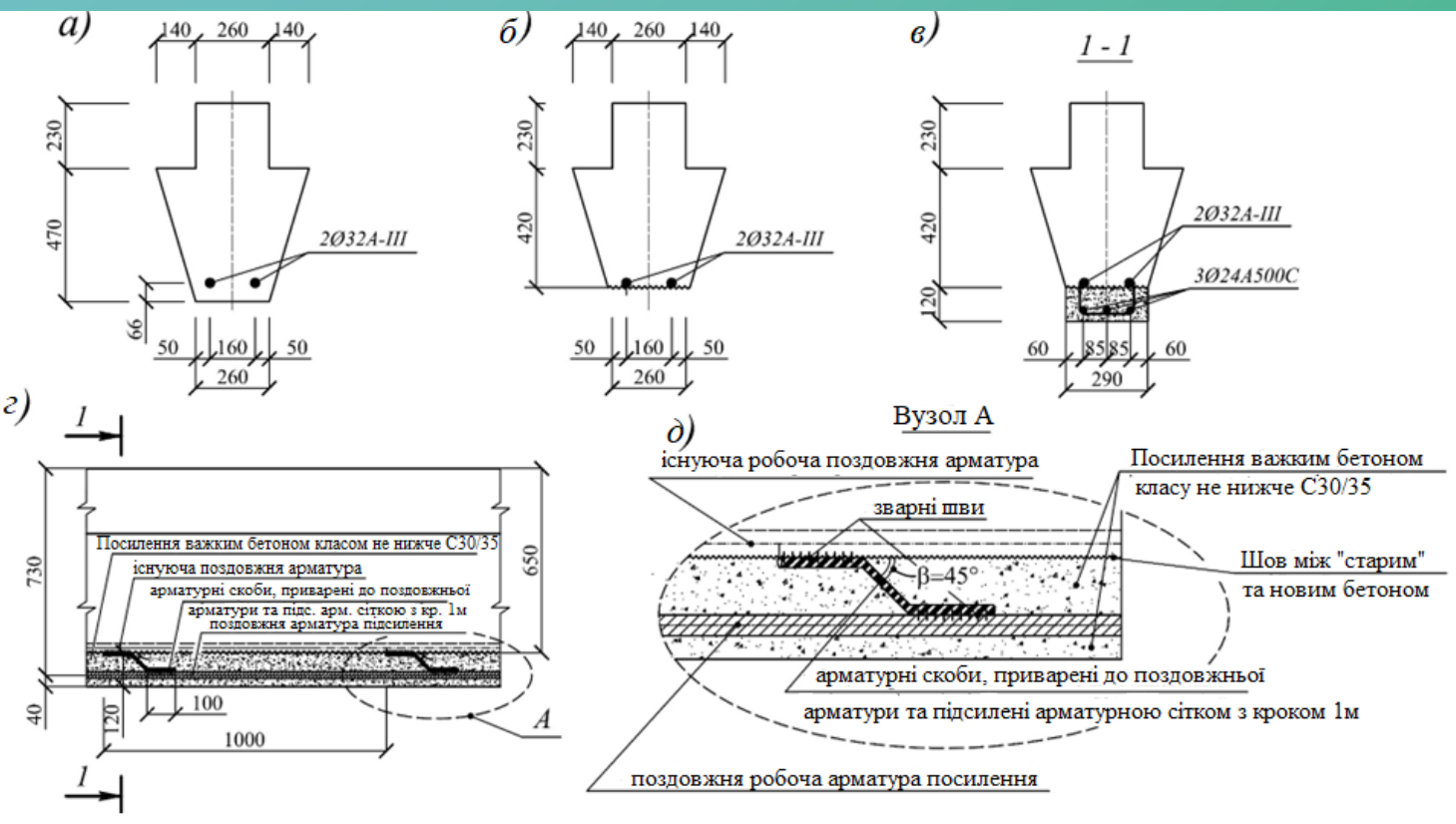


Рис. 14 Варіант 1 - Збільшення поперечного перерізу ригелю шляхом влаштування залізобетонного нарощення у розтягнутій зоні із відновленням захисного шару бетону:

- а)** існуючий поперечний переріз (до посилення);
- б)** переріз із знятим захисним шаром бетону;
- в)** посилений поперечний переріз; г) фрагмент поздовжнього перерізу посиленого ригелю;
- д)** вузол А

РОЗРОБКА СХЕМ ПОСИЛЕННЯ ПОШКОДЖЕНИХ РИГЕЛІВ ЗАЛІЗОБЕТОННОГО КАРКАСУ ІСНУЮЧОЇ БУДІВЛИ ЗАСОБАМИ ПК «ЛІРА-САПР»

18

ВАРІАНТИ ПОСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ РИГЕЛІВ

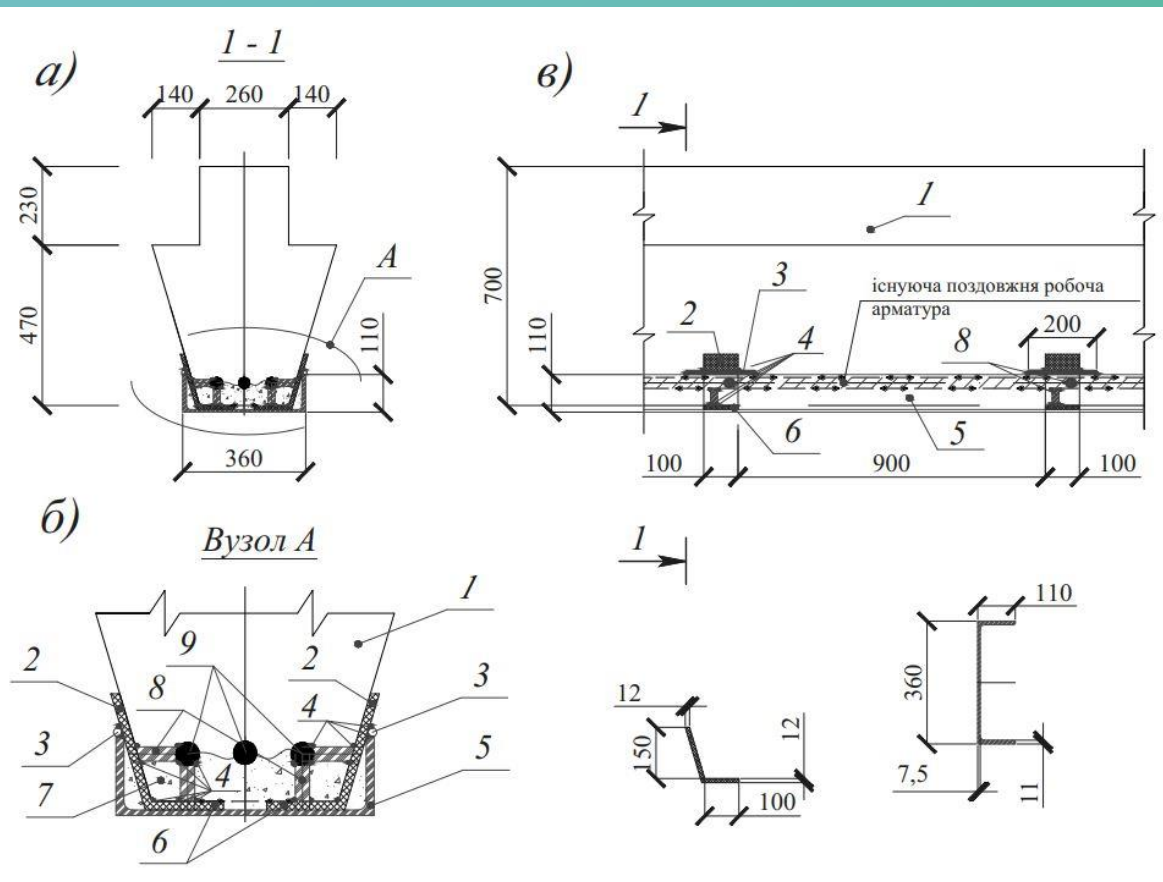


Рис. 15 Варіант 2 - Посилення балки сталевим швеллером №36:

а) посилений поперечний переріз; б) вузол В (нижня зона балки); в) посилений поздовжній переріз ригелю; 1 – існуюча конструкція; 2 – металеві пластини 150×100 мм, щільно прилягаючі до бокової грані ригелю, товщиною $\delta=12$ мм; 3 – додаткові коротиші $\text{Ø}20\text{A}240\text{C}$ призначені для з'єднання пластин 2 до швеллеру 5; 4 – місця зварювання; 5 – металевий швеллер №36, розташований по довжині ригелю, «одягнений» на його нижню грань; 6 – металеві пластини 100×100 мм, щільно прилягаючі до нижньої грані ригелю, товщиною $\delta=12$ мм; 7 – цементно-пісчаний розчин М 150; 8 – вертикальні та горизонтальні коротиші, що передають навантаження від робочої поздовжньої арматури 9 до пластин 2 та 6 та швеллеру 5; 9 – робочої поздовжньої арматури ригеля, розташована у нижній розтягнутій грані перерізу

РОЗРОБКА СХЕМ ПОСИЛЕННЯ ПОШКОДЖЕНИХ РИГЕЛІВ ЗАЛІЗОБЕТОННОГО КАРКАСУ ІСНУЮЧОЇ БУДІВЛИ ЗАСОБАМИ ПК «ЛІРА-САПР»

19

ВАРІАНТИ ПОСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ РИГЕЛІВ

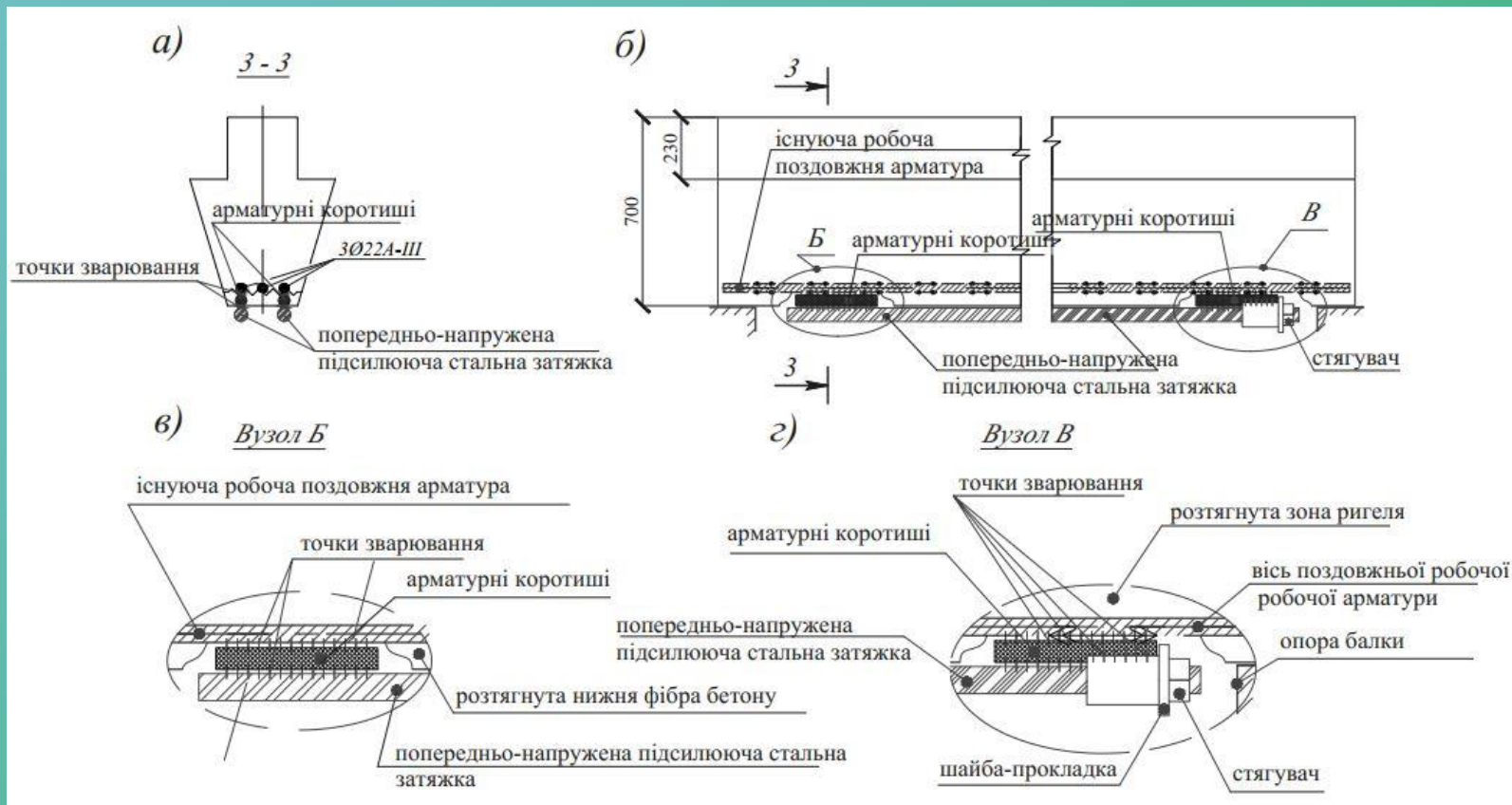
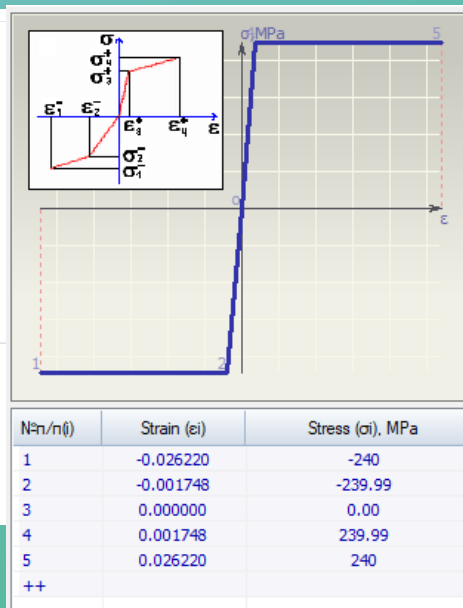
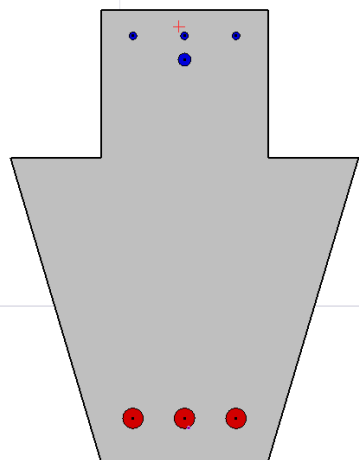


Рис. 16 Варіант 3 - Посилення балки сталевими попередньо-натягнутими затяжками:

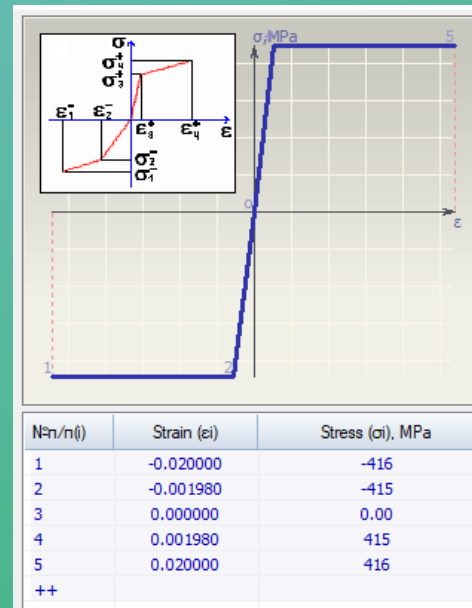
а) посилений поперечний переріз; б) посилений поздовжній переріз ригелю; в) вузол С; г) вузол D

РОЗРОБКА СХЕМ ПОСИЛЕННЯ ПОШКОДЖЕНИХ РИГЕЛІВ ЗАЛІЗОБЕТОННОГО КАРКАСУ ІСНУЮЧОЇ БУДІВЛИ ЗАСОБАМИ ПК «ЛІРА-САПР»

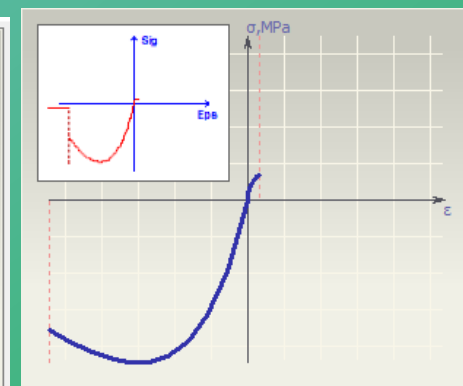
МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ



а)



б)



в)

Рис. 18 Розрахунковий переріз ригеля В середовищі «Конструктор Перерізів»

Рис. 17 Залежності σ - ϵ , прийняті для матеріалів перерізу:
а) для сталі класу С245С; б) для арматури класу А500С; в) для бетону класу С25/30

РОЗРОБКА СХЕМ ПОСИЛЕННЯ ПОШКОДЖЕНИХ РИГЕЛІВ ЗАЛІЗОБЕТОННОГО КАРКАСУ ІСНУЮЧОЇ БУДІВЛІ ЗАСОБАМИ ПК «ЛІРА-САПР»

21

АНАЛІЗ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

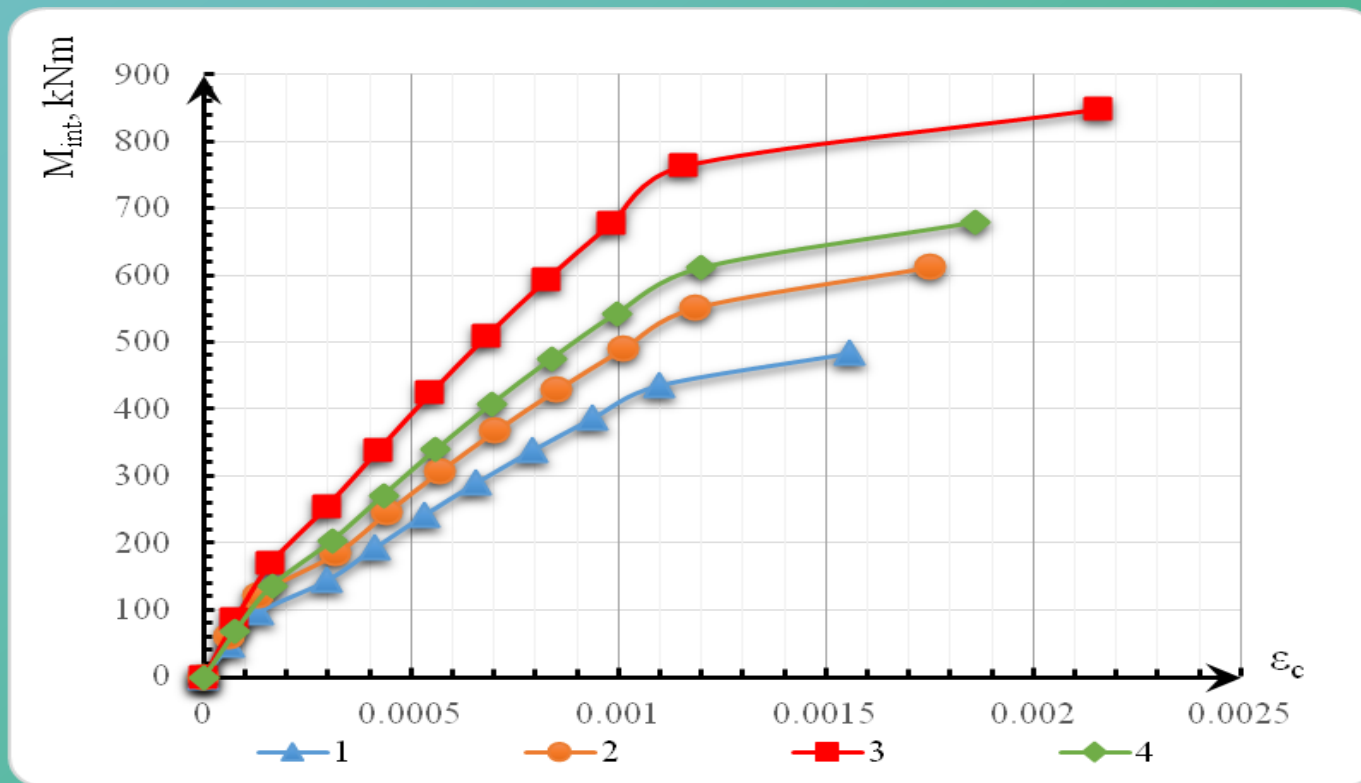


Рис. 19 Діаграми стану «згинальний момент M_{int} (кН·м) – відносна деформація найбільш стиснутої фібри бетону ε_c » для перерізів:
1 – у вихідному стані; 2 – при підсиленні за варіантом 1; 3 – при підсиленні за варіантом 2;
4 – при посиленні за варіантом 3

СТУДЕНТСЬКИЙ НАУКОВИЙ ГУРТОК “КОМП’ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА КОНСТРУЮВАННЯ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД”

22

Протягом своєї роботи представники наукового гуртка контактували із розробниками та групою технічної підтримки ПК «ЛІРА-САПР» з метою налагоджування та тестування стабільної роботи новітніх модулів програми, зокрема нового алгоритму розрахунку залізобетонних пластинчастих елементів «Вуд+».

Назва: Пластина

Вид розрахунку: Оболонка. Вигин, Стиск-Роз

Теорія розрахунку арматури: Вуд +

Система: Статично невинесені розрахунки

Підбирати поперечну арматуру на 1 кв.м.

Нормативні характеристики матеріалів для особливого/аварійного сполучення

Ураховувати вогнестійкість

Ураховувати пластичність

Точність розрахунку, %

| | |
|-----------|----|
| Попередн. | 20 |
| Основного | 1 |

% армування

| | |
|-----|------|
| MIN | 0.05 |
| MAX | 10 |

*Рис. 20 Фрагмент діалогового вікна
«Матеріали для розрахунків З/Б
конструкцій» при виборі типу елемента
«Пластина»*

Дякуємо за увагу!