



Звіт

*про роботу студентського наукового гуртка
кафедри будівництва*

“Комп’ютерне моделювання та конструювання будівель і споруд”

Київ, 2022

СКЛАД НАУКОВОГО ГУРТКА

1

Керівник гуртка:

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

Староста гуртка:

Студент гр. БЦІ - 2104м(д), Харченко Е. С.

Члени гуртка:

Студенти ОКР «Магістр»:

Кірпикіна А.В., Цера В.С., Породько О.С., Добровольський В.В.,
Дубатовка П.В.

Студенти ОКР «Бакалавр»:

Маслига І.І., Сугоняка О.С., Цуман А.В., Гонтар О.В., Галаєв А.О.,
Андрієвська М.А.

АКТУАЛЬНІСТЬ ТА МЕТА РОБОТИ НАУКОВОГО ГУРТКА

2

Актуальність використання комп'ютерних технологій у робочому процесі сучасного спеціаліста у сфері промислового та цивільного будівництва важко переоцінити, бо 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»).

Основною **метою** роботи наукового гуртка було вивчення новітніх методик моделювання та розрахунку будівель та споруд за допомогою програм сімейства «ЛІРА-САПР» і вирішення науково-виробничих задач, пов'язаних із темою майбутніх дипломних проектів студентів.

Робота гуртка виконувалась у наступних напрямках:

- 1. Моделювання сумісної роботи сталевих балкових конструкцій із залізобетонними ребристими плитами перекриття;*
- 2. Чисельне моделювання моменту утворення тріщин у залізобетонних конструкціях із застосуванням ПК «САПФІР»;*
- 3. Тестування та аналіз роботи розрахункових алгоритмів залізобетонних нормальних перерізів пластинчастих елементів за методом Вуда-Армера.*
- 4. Оцінка вогнестійкості залізобетонних колон уточненими розрахунковими методами.*

МОДЕЛЮВАННЯ СУМІСНОЇ РОБОТИ СТАЛЕВИХ БАЛКОВИХ КОНСТРУКЦІЙ ІЗ ЗАЛІЗОБЕТОННИМИ РЕБРИСТИМИ ПЛИТАМИ ПЕРЕКРИТТЯ

4

При роботі гуртка за першим напрямом були виконані дослідження сумісної роботи металевих несучих конструкцій із збірними залізобетонними конструкціями жорстких дисків покриттів та перекриттів при їх розрахунку.

Метою даної наряду була оцінка зниження металоємності металевої балкової конструкції при її розрахунку на згин, з урахуванням спільної роботи з жорстким диском перекриття зі збірного залізобетону.

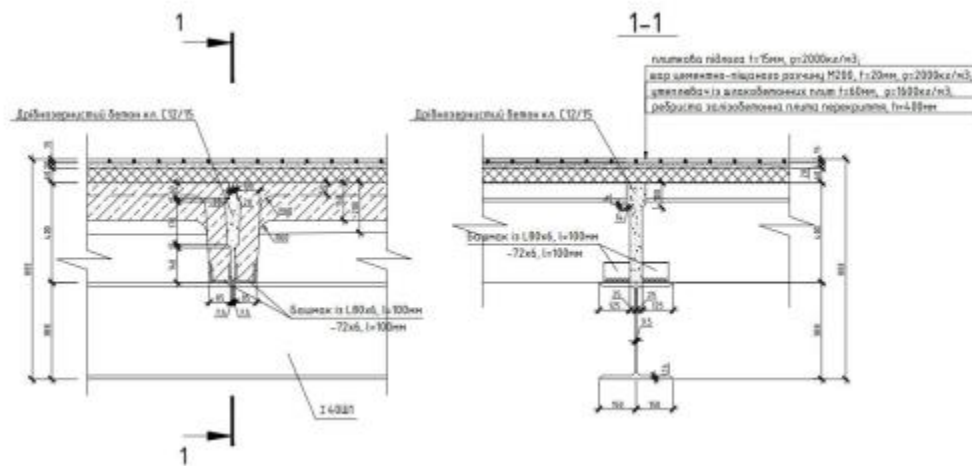
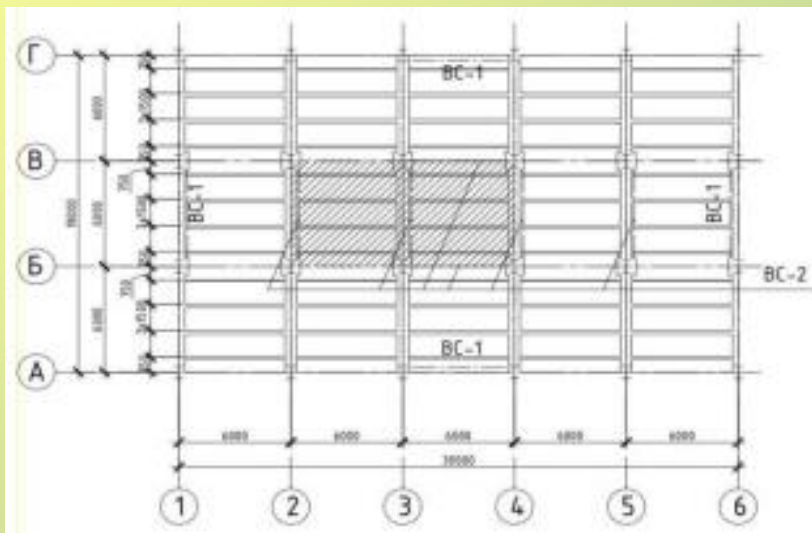


Рис. 1. Схема розташування елементів перекриття.
BC-1, BC-2 - вертикальні в'язі по колонах.

Рис. 2. Вузлове сполучення плит з балками

МОДЕЛЮВАННЯ СУМІСНОЇ РОБОТИ СТАЛЕВИХ БАЛКОВИХ КОНСТРУКЦІЙ ІЗ ЗАЛІЗОБЕТОННИМИ РЕБРИСТИМИ ПЛИТАМИ ПЕРЕКРИТТЯ

5

В рамках дослідження проведений розрахунок балки перекриття за традиційною розрахунковою схемою - без урахування сумісної роботи з диском перекриття, підбір її перерізу з урахуванням спільної роботи з плитами перекриття і експериментальне чисельне дослідження в складі перекриття методом скінченних елементів. Моделювання фрагмента перекриття виконувалося у розрахункових комплексах «SCAD Office» і «ЛІРА САПР 2020».

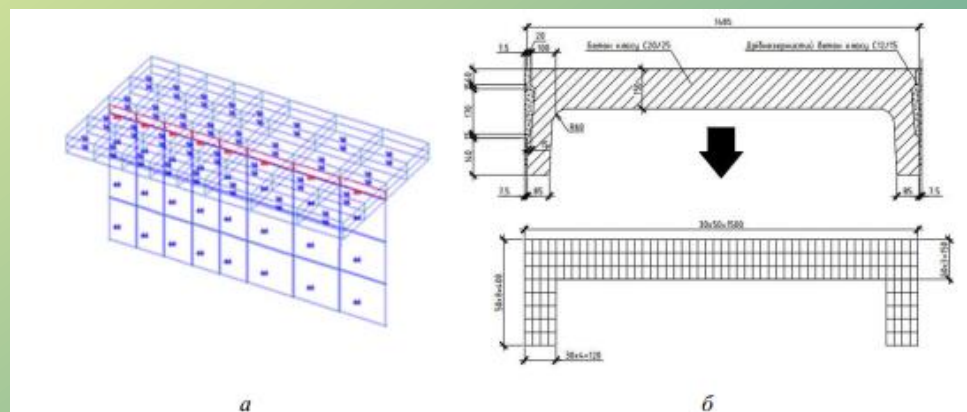
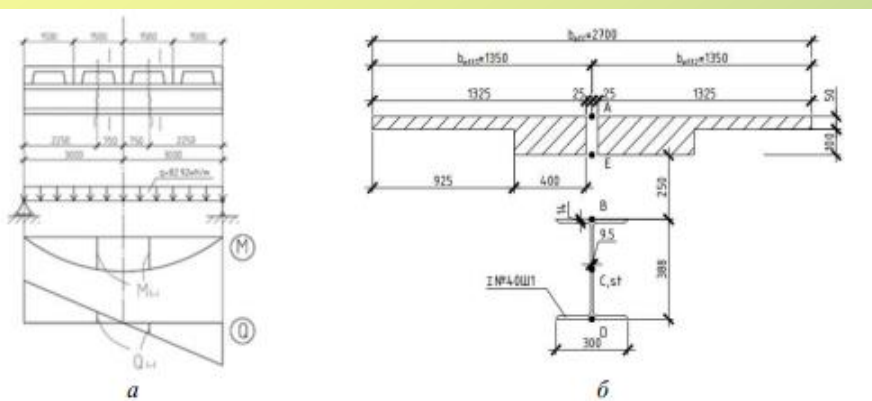


Рис. 3. До розрахунку балки об'єднаного перерізу:

- а) внутрішні зусилля у перерізі I-I;
- б) сталобетонний переріз балки

Рис.4. До скінченно-елементного моделювання плити:

- а) - «анкерування» стінки балки в полиці плити;
- б) - приведення фактичного перерізу плити до розрахункового перерізу

МОДЕЛЮВАННЯ СУМІСНОЇ РОБОТИ СТАЛЕВИХ БАЛКОВИХ КОНСТРУКЦІЙ ІЗ ЗАЛІЗОБЕТОННИМИ РЕБРИСТИМИ ПЛИТАМИ ПЕРЕКРИТТЯ

6

Чисельне дослідження спрямоване на перевірку доцільності використання розрахункової методики ДБН В.2.6–98-2009 для визначення ефективної ширини полиці при розрахунку таврових перерізів для збірних залізобетонних плит, які включені в сумісну роботу з балками перекриття.

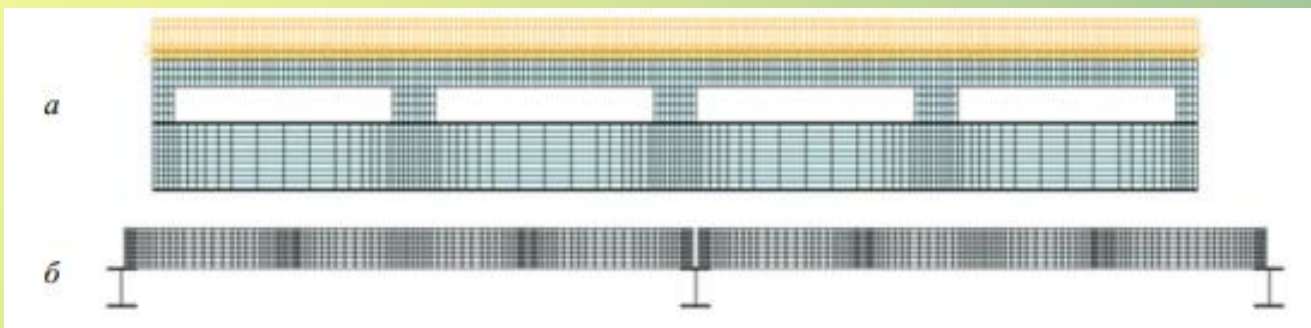


Рис.5. Досліджувана чисельна модель фрагменту перекриття:

a - схема прикладання навантаження до плит покриття;

б - фасад розрахункової схеми



Рис.7. Схема перекриття і балки після розрахунку в ПК «ЛІРА САПР»: *a* - вид з торця балок; *б* - вид збоку від балок; *в* - деформована схема найбільш навантаженої балки

МОДЕЛЮВАННЯ СУМІСНОЇ РОБОТИ СТАЛЕВИХ БАЛКОВИХ КОНСТРУКЦІЙ ІЗ ЗАЛІЗОБЕТОННИМИ РЕБРИСТИМИ ПЛИТАМИ ПЕРЕКРИТТЯ

7

Виконано порівняльний аналіз отриманого перерізу балки з раніше підібраним за традиційною методикою розрахунку по напруженням в найбільш небезпечному перерізі і загальній масі балок.

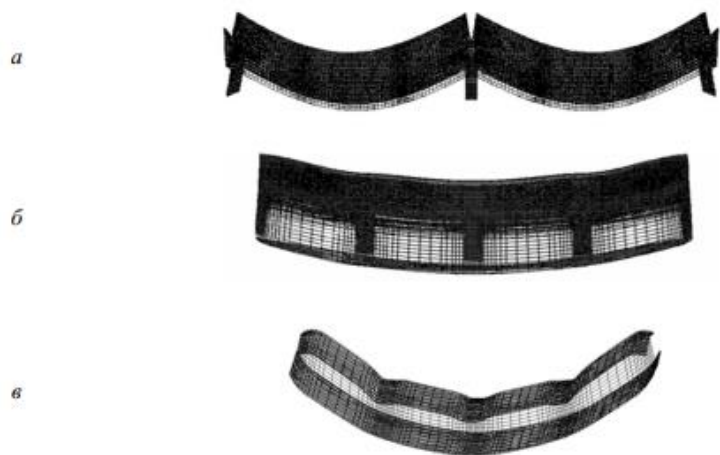


Рис.6. Схема перекриття і балки після розрахунку в ПК «SCAD Office»: а) вид з торця балок; б) вид збоку від балок; в) деформована схема найбільш навантаженої балки.

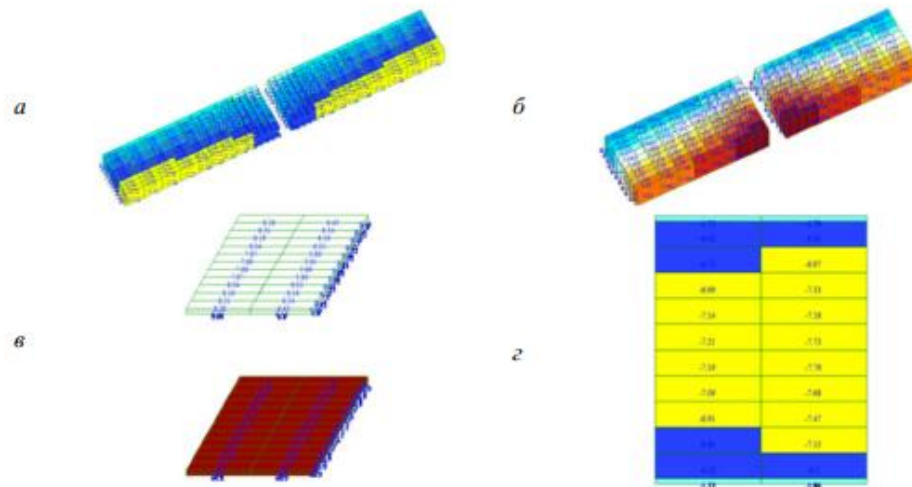


Рис.7. Параметри НДС елементів розрахункового перерізу після розрахунку: а - нормальні напруження у верхній точці полиці плити (точка А); б- нормальні напруження в нижній точці полиці плити (точка Е); в- нормальні напруження в поясах балки (точки В, D); г- дотичні напруження в стінці балки

МОДЕЛЮВАННЯ СУМІСНОЇ РОБОТИ СТАЛЕВИХ БАЛКОВИХ КОНСТРУКЦІЙ ІЗ ЗАЛІЗОБЕТОННИМИ РЕБРИСТИМИ ПЛИТАМИ ПЕРЕКРИТТЯ

За результатами аналізу підтверджена коректність застосування вищевказаної нормативної методики для визначення ефективної ширини полиці таврових згинальних сталезалізобетонних елементів.

Табл. 1. Порівняльна таблиця результатів аналізу розрахунків за двома методиками

| Елемент | Характеристика НДС | Розрахунок без урахування спільної роботи (І №40Ш1) | Розрахунок з урахуванням спільної роботи (І №26Ш2) | Різниця, % | Різниця, n раз |
|---------|--------------------|---|--|------------|----------------|
| Балка | $\sigma_{м,в}$ | + 18,59 МПа | +73,63 МПа | 266,3 | 3,663 |
| | $\sigma_{н,д}$ | +72,55 МПа | +157,8 МПа | 101,2 | 2,012 |
| | $\tau_{г,г}$ | 18,6 МПа | 144,2 МПа | 93,8 | 1,938 |
| | f_{max} | 2,53 мм | 5,13 мм | 123,0 | 2,230 |
| Плита | $\sigma_{с,в}$ | -5,393 МПа | -8,5 МПа | 45,8 | 1,458 |
| | $\sigma_{с,д}$ | -2,386 МПа | -1,29 МПа | -49,4 | 0,506 |

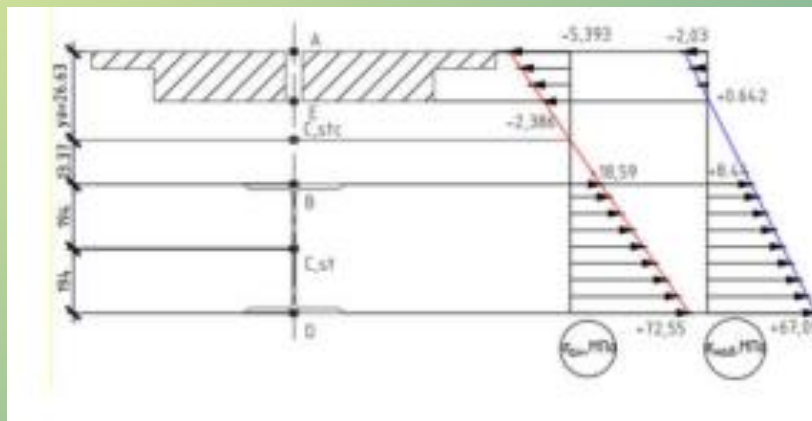


Рис.8. Епюра нормальних напружень у розрахунковому перерізі, отримана шляхом аналітичного розрахунку та за допомогою чисельного моделювання

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МОМЕНТУ УТВОРЕННЯ ТРІЩИН У ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЯХ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПК «САПФІР»

При роботі гуртка за другим напрямом були розглянуті та проаналізовані особливості підходів до розрахунку моменту тріщиноутворення нормальних перерізів залізобетонних конструкцій за нелінійною деформаційною моделлю згідно діючих нормативних документів України та ближнього зарубіжжя та їхній вплив на результати розрахунку за розкриттям тріщин.

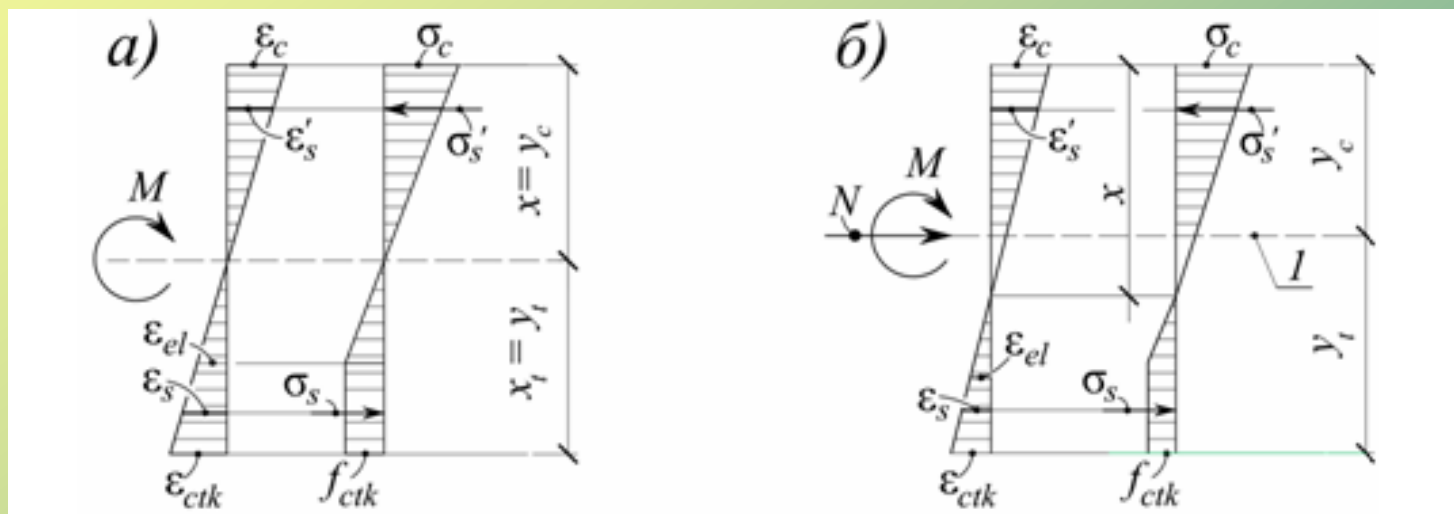


Рис 12. Схема напружено-деформованого стану (НДС) перерізу елемента при перевірці утворення тріщин при дії згинального моменту (а), згинального моменту і поздовжньої сили (б): I – рівень центра ваги приведенного поперечного перерізу

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МОМЕНТУ УТВОРЕННЯ ТРИЩИН У ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЯХ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПК «САПФІР»

10

Як відомо, відповідно до діючих нормативних документів, його можна визначати за двома методиками:

1) за допомогою спрощеної методики ядрових моментів за формулами:

$$M_{crc} = f_{ctm} \cdot W_{pl} \pm N \cdot e_x, \quad (1)$$

$$N_{crc} = f_{ctm} \cdot A_{red} \quad (2)$$

2) за допомогою більш загальної методики – нелінійної деформаційної моделі (НДМ), а саме, шляхом вирішення системи нелінійних рівнянь рівноваги між внутрішніми та зовнішніми зусиллями, які діють на переріз. Система рівнянь для плоского позацентрального стиску (або розтягу) (друга форма рівноваги) має вигляд:

$$\begin{cases} \frac{b \cdot E_{cd} \cdot \varepsilon_{c(1)}^2}{2 \cdot \chi} + \sum_{i=1}^n A_{si} \cdot \sigma_{si} - N = 0, \\ \frac{b \cdot E_{cd} \cdot \varepsilon_{c(1)}^3}{3 \cdot \chi^2} + \sum_{i=1}^n A_{si} \cdot \sigma_{si} \cdot \frac{\varepsilon_{c(1)} - \chi \cdot z_{si}}{\chi} - M = 0, \end{cases} \quad (3)$$

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МОМЕНТУ УТВОРЕННЯ ТРІЩИН У ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЯХ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПК «САПФІР»

11

При виконанні розрахунків за другою методикою виникає деяка невизначеність, яка недостатньо освітлена у сучасних нормативних документах та численних практичних посібниках до них.

Вона виникає у випадку розрахунку перерізу на позацентровий стиск/розтяг (плоский чи просторовий, при дії, як мінімум двох зусиль – поздовжньої сили N та моменту M). Проявляється саме у тому, що задачу розрахунку моменту тріщиноутворення M_{cr} можна вирішити, щонайменше двома способами, при виборі яких має бути врахована історія навантаження елемента та зокрема перерізу, а саме, характер зміни НДС перерізу до утворення тріщин.

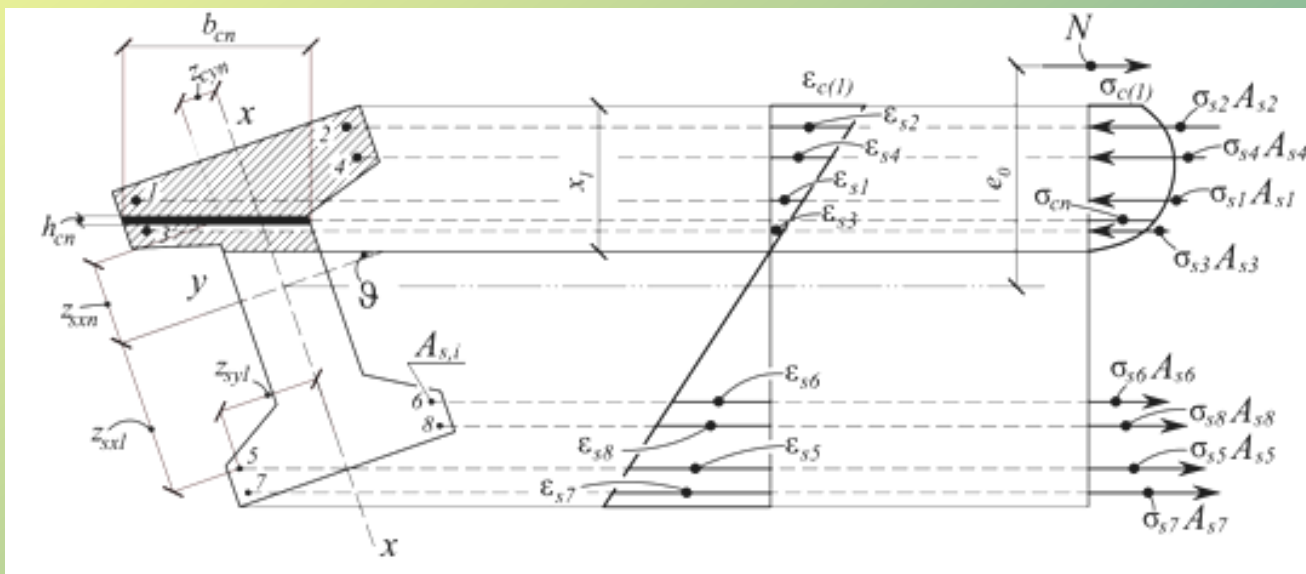


Рис. 13. Розрахункова схема до визначення напружено-деформованого стану залізобетонного перерізу при двохосьовому впливі згинальних моментів та поздовжніх сил

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МОМЕНТУ УТВОРЕННЯ ТРІЩИН У ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЯХ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПК «САПФІР»

12

У зв'язку із вищезазначеним, основною метою даної роботи є визначення ступеню впливу способу розрахунку моменту тріщиноутворення M_{crc} за НДМ на тріщиностійкість перерізу і ширину розкриття тріщин за будівельними України та зарубіжжя.

Для досягнення поставленої мети проведено чисельне дослідження роботи типового прямокутного перерізу залізобетонного стержньового елемента із урахуванням фізичної нелінійності роботи матеріалів на різні види комбінацій навантажень. При цьому варіювалися способи розрахунку моменту тріщиноутворення M_{crc} і ексцентриситет дії зовнішніх зусиль.

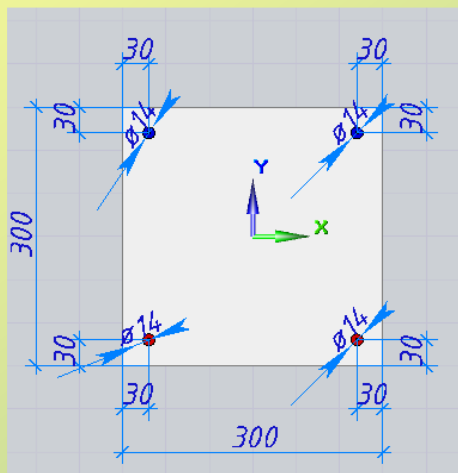


Рис. 14. Фрагмент дослідного залізобетонного перерізу

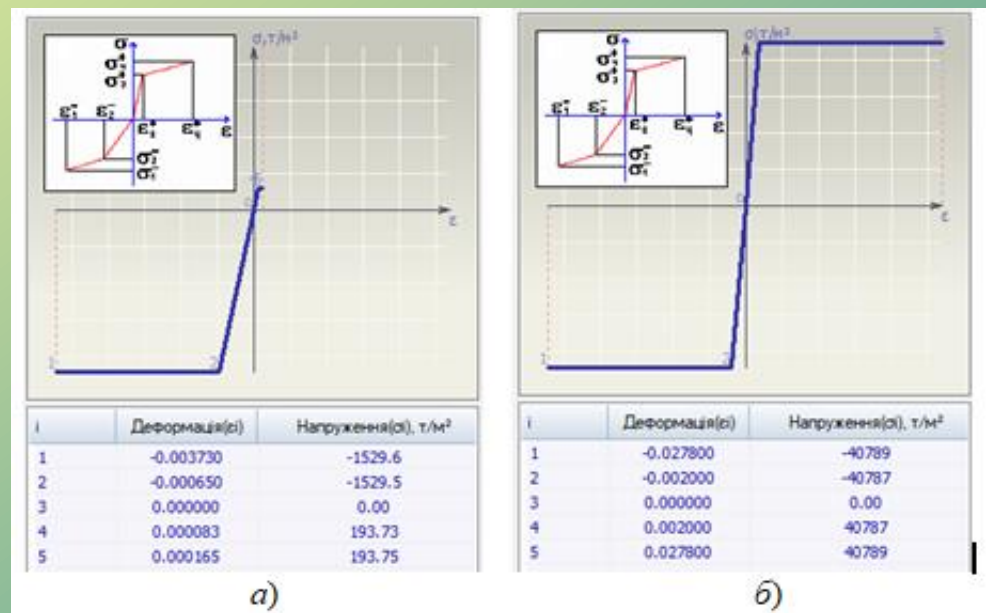


Рис. 15. Прийняті діаграми деформування матеріалів:
а – для бетону; б – для арматури

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МОМЕНТУ УТВОРЕННЯ ТРІЩИН У ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЯХ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПК «САПФІР»

Табл. 2. Результати чисельного дослідження

| Вид НДС | Зовнішні зусилля | | | | Перший спосіб | | | | Другий спосіб | | | |
|-----------------------|------------------|-----------------|-------------|---------|----------------|------------------|-------------------|-------------------------|----------------|------------------|-------------------|-------------------------|
| | N_{e0} т | M_{e0} т·м | e_0 см | e_0/h | N_{cr1} т | M_{cr1} т·м | $e_{0,cr1}$ см | $\sigma_{s,cr1}$ МПа | N_{cr2} т | M_{cr2} т·м | $e_{0,cr2}$ см | $\sigma_{s,cr2}$ МПа |
| Позацентричний стиск | -1 | 0,075 | 7,5 | 0,25 | -1 | 1,6 | 159,9 | 188,5 | -70,5 | 5,29 | 7,5 | 29,7 |
| | - | | | | | | | | | | | |
| | 1,5 | 0,225 | 15 | 0,5 | -1,5 | 1,63 | 108,7 | 211,5 | -16,3 | 2,45 | 15 | 110,4 |
| | -2 | 0,6 | 30 | 1 | -2 | 1,662 | 83,1 | 207,8 | -4,79 | 1,436 | 30 | 111,9 |
| | - | | | | | | | | | | | |
| | 2,5 | 1,5 | 60 | 2 | -2,5 | 1,694 | 67,8 | 204,1 | -2,84 | 1,704 | 60 | 199,8 |
| Позацентричний розтяг | -3 | 3,6 | 120 | 4 | -3 | 1,693 | 56,4 | 195,5 | -1,35 | 1,62 | 120 | 185,8 |
| | - | | | | | | | | | | | |
| | 3,5 | 8,4 | 240 | 8 | -3,5 | 1,641 | 46,9 | 179,8 | -0,65 | 1,57 | 240 | 217,3 |
| | 1 | 0,075 | 7,5 | 0,25 | 1 | 1,471 | 147,1 | 203,5 | 10,7 | 0,803 | 7,5 | 306,9 |
| | - | | | | | | | | | | | |
| | 1,5 | 0,225 | 15 | 0,5 | 1,5 | 1,349 | 89,9 | 222,7 | 7,095 | 1,064 | 15 | 251,2 |
| Позацентричний розтяг | 2 | 0,6 | 30 | 1 | 2 | 1,407 | 70,4 | 211,2 | 4,2 | 1,26 | 30 | 228,0 |
| | - | | | | | | | | | | | |
| | 2,5 | 1,5 | 60 | 2 | 2,5 | 1,375 | 55,0 | 215,1 | 2,3 | 1,38 | 60 | 212,4 |
| | - | | | | | | | | | | | |
| | 3 | 3,6 | 120 | 4 | 3 | 1,342 | 44,7 | 218,9 | 1,194 | 1,433 | 120 | 201,7 |
| | - | | | | | | | | | | | |
| 3,5 | 8,4 | 240 | 8 | 3,5 | 1,309 | 37,4 | 222,8 | 0,623 | 1,495 | 240 | 200,5 | |

У зв'язку із вищезазначеним, основною метою даної роботи є визначення ступеню впливу способу розрахунку.

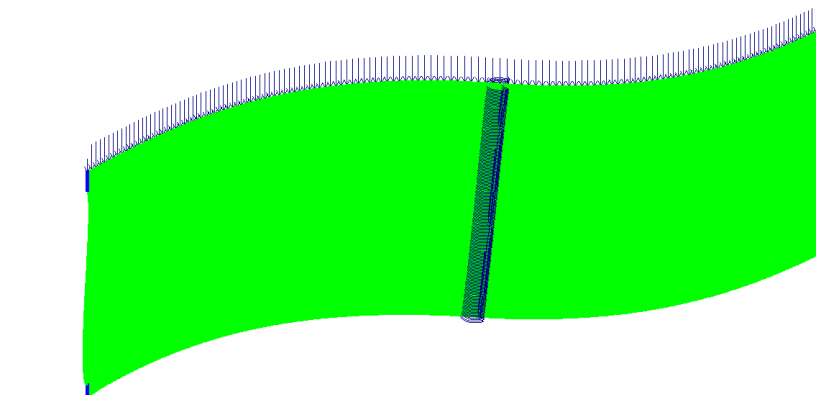
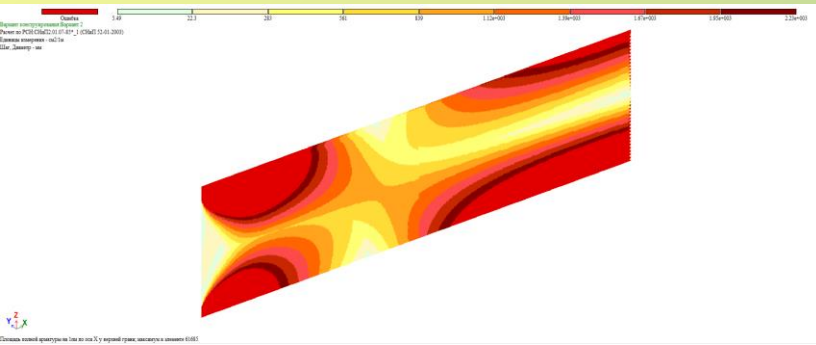
Як і передбачалося, ексцентриситети зусиль тріщиноутворення при першому способі розрахунку $e_{0,cr1}$ будуть суттєво відрізнятися від початкових ексцентриситетів зовнішніх зусиль e_0 , що говорить про істотну зміну НДС перерізу.

При порівнянні зусиль тріщиноутворення із зовнішніми зусиллями можна побачити, що обидва способи розрахунку дають однаковий результат – при позацентричному стиску тріщини утворюються, починаючи з п'ятої комбінації ($N = -3m$, $M = 3,6$ т·м, $e_0 = 120$ см), при позацентричному розтягу – починаючи з четвертої комбінації ($N = 2,5m$, $M = 1,5$ т·м, $e_0 = 60$ см).

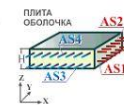
Відповідно до встановленої вітчизняними нормами методики розрахунку, зусилля тріщиноутворення не впливають опосередковано на значення ширини розкриття тріщин. Отже, можна зробити висновок, що вибір способу розрахунку M_{cr} не впливає на тріщиностійкість перерізу і на ширину розкриття тріщин при розрахунку за діючими будівельними нормами України.

АНАЛІЗ РОБОТИ РОЗРАХУНКОВИХ АЛГОРИТМІВ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ НОРМАЛЬНИХ ПЕРЕРІЗІВ ПЛАСТИНЧАСТИХ ЕЛЕМЕНТІВ

При роботі гуртка за третім напрямом виконувалось комплексне налагодження та тестування нового алгоритму розрахунку залізобетонних нормальних перерізів пластинчастих елементів (оболонок, плит, балок-стінок) за методом Вуда-Армера у ПК «ЛІРА-САПР» (нелінійна деформаційна модель за ДБН В.2.6-98-2009). Також були проведені порівняльні розрахунки за двома групами граничних станів за методиками будівельних норм країн СНД. Отримані результати були проаналізовані, на їх основі були запропоновані пропозиції щодо вдосконалення алгоритму та підвищення надійності його роботи.



Дата: 18 Маю 2020; ЛАРИ-САПР_2020; ПРОЕКТ: Larmaap1; ЕЛЕМЕНТ: 1; ПРОЕКТ: ЛІРА-САПР; Test_4_New_N_bol_bot; ЕЛЕМЕНТ: ЛІРА1
 Модуль армування: Оболочка СніП 52-01-2003
 БЕТОН АРМАТУРА
 В20 А400 А400 А400 А240
 Еб = 2e+004 А400 А400 А400 А240
 Топщина: Н = 20.00 см
 Расстояние к ч.т. арматуры: Rb = 11.50 Rb = 2e+005 2e+005 2e+005
 Es = 2e+005 2e+005 2e+005 2e+005
 Rbt = 0.90 Rsw = 285.0 285.0 170.0
 Rbt1 = 1.35 Rsc = 355.0 355.0 215.0
 Расчет по теории Вуда [Единицы измерения - МПа]



Коеффициенты работы бетона

| | | |
|---|---------------------|------|
| Коефф. Уб1 для БК и ЖБК при действии всех нагрузок (группа В) | вводится к Rb и Rbt | 1.00 |
| Коефф. Уб1 для БК и ЖБК при действии постоянных и длительнейдействующих нагрузок (группа А) | к Rb и Rbt | 0.90 |
| Коефф. Уб2 для БК | вводится к Rb | 1.00 |
| Коефф. Уб3 для БК и ЖБК бетонируемых в вертикальном положении | вводится к Rb | 1.00 |
| Коефф. Уб4 для БК и ЖБК учитывающий попеременное замораж. и оттаивание бетона | вводится к Rb и Rbt | 1.00 |

Коеффициенты работы арматуры

| | | |
|---------------------------------|--|------|
| Учет сейсмки (т.7 СніП ІІ-7-81) | Коефф. учета сейсмического воздействия (таб.7) | 1.00 |
| Учет сейсмки (т.7 СніП ІІ-7-81) | Коефф. при расчете наклонных сечений (таб.7) | 1.00 |

СОЧЕТАНИЯ (РСН (расчетные сочетания нагрузок))

| РС | Сейсмка | Nx | Ny | Txy | Mx | My | Mxy | Qx | Qy |
|-------|---------|-------------|------------|-------------|----------|---------|---------|----------|--------|
| 1 A 1 | | -3092.6113 | -265.8959 | -1969.7146 | 59.8304 | 2.2736 | 3.1847 | 39.3155 | 1.2703 |
| 2 A 1 | | -6185.2227 | -531.7917 | -3939.4292 | 119.6608 | 4.5473 | 6.3694 | 78.6309 | 2.5405 |
| 3 A 1 | | -9277.8330 | -797.6876 | -5909.1440 | 179.4911 | 6.8209 | 9.5541 | 117.9464 | 3.8108 |
| 4 A 1 | | -12370.4453 | -1063.5835 | -7878.8584 | 239.3215 | 9.0945 | 12.7388 | 157.2619 | 5.0811 |
| 5 A 1 | | -15463.0557 | -1329.4794 | -9848.5732 | 299.1519 | 11.3682 | 15.9235 | 196.5773 | 6.3514 |
| 6 A 1 | | -18555.6660 | -1595.3752 | -11818.2881 | 358.9823 | 13.6418 | 19.1982 | 235.8928 | 7.6216 |
| 7 A 1 | | -21648.2773 | -1861.2712 | -13788.0029 | 418.8127 | 15.9154 | 22.2929 | 275.2083 | 8.8919 |

Nx, Ny, Txy - кПа; Mx, My, Mxy - (кН*м)/м; Qx, Qy - кН/м.

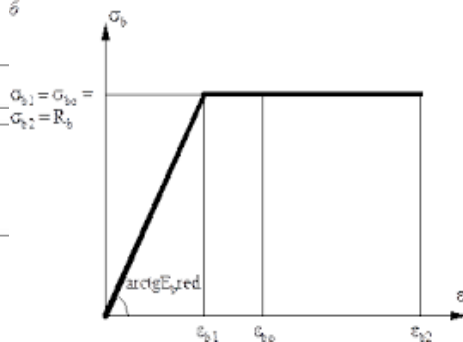
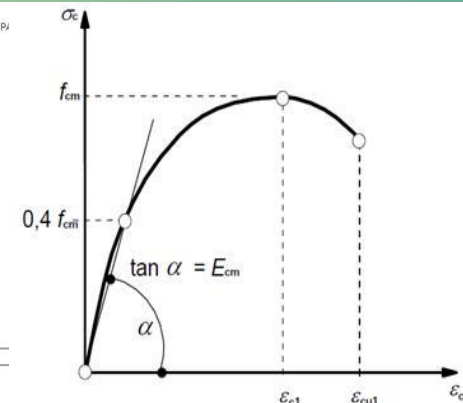
Нормативные значения

| РС | Сейсмка | Nx | Ny | Txy | Mx | My | Mxy | Qx | Qy |
|-------|---------|-------------|------------|-------------|----------|---------|---------|----------|--------|
| 1 A 2 | | -2811.4646 | -241.7235 | -1790.6497 | 54.3913 | 2.0669 | 2.8952 | 35.7413 | 1.1548 |
| 2 A 2 | | -5622.9292 | -483.4471 | -3581.2993 | 108.7825 | 4.1339 | 5.7904 | 71.4827 | 2.3096 |
| 3 A 2 | | -8434.3936 | -725.1706 | -5371.9487 | 163.1738 | 6.2008 | 8.6855 | 107.2240 | 3.4644 |
| 4 A 2 | | -11245.8584 | -966.8941 | -7162.5986 | 217.5650 | 8.2678 | 11.5807 | 142.9653 | 4.6192 |
| 5 A 2 | | -14057.3232 | -1208.6176 | -8953.2480 | 271.9563 | 10.3347 | 14.4759 | 178.7067 | 5.7740 |
| 6 A 2 | | -16868.7871 | -1450.3412 | -10743.8975 | 326.3475 | 12.4016 | 17.3711 | 214.4480 | 6.9288 |
| 7 A 2 | | -19680.2520 | -1692.0646 | -12534.5479 | 380.7388 | 14.4686 | 20.2662 | 250.1893 | 8.0830 |

Nx, Ny, Txy - кПа; Mx, My, Mxy - (кН*м)/м; Qx, Qy - кН/м.

АРМАТУРА (Режим: Подбор арматуры)

| AS1 | AS2 | AS3 | AS4 | ASW1 | ASW2 | Тр кратк. | Тр длит. |
|------|--------|-------|-------|-------|------|-----------|----------|
| 1.00 | 163.26 | 26.70 | 22.90 | 95.27 | - | | |
| 1.00 | 163.26 | 26.70 | 22.90 | | | | |



ОЦІНКА ВОГНЕСТІЙКОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОЛОН УТОЧНЕНИМИ РОЗРАХУНКОВИМИ МЕТОДАМИ

15

При роботі гуртка за **четвертим напрямом** був проведений аналіз результатів розрахунку на вогнестійкість залізобетонних колон уточненими методами.

Для колон, які випробовують без навантаження, визначають розподілення значень температури по перерізу та в арматурі. Вогнестійкість колон, які були випробувані без навантаження, визначають за даними вимірювань температури, розрахунковими методами, що відповідають вимогам ДБН В.1.1-7 і ДБН В.1.2-7.

Відповідно до основних положень табличного методу вогнестійкість залізобетонних колон визначається залежно від геометричних параметрів (розміри перерізу, відстань до осі арматури, коефіцієнт армування, довжина або висота елемента), рівня навантаження під час пожежі, умов нагрівання під час пожежі (кількість обігріваних сторін).

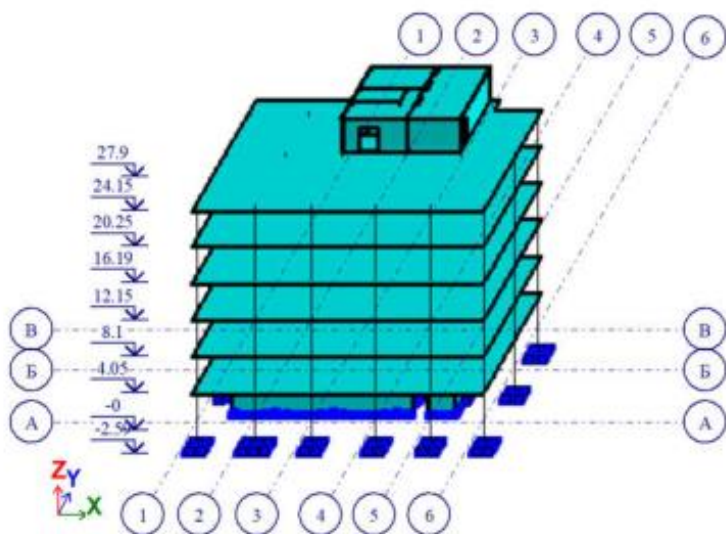


Рис. 16. Розрахункова схема будівлі

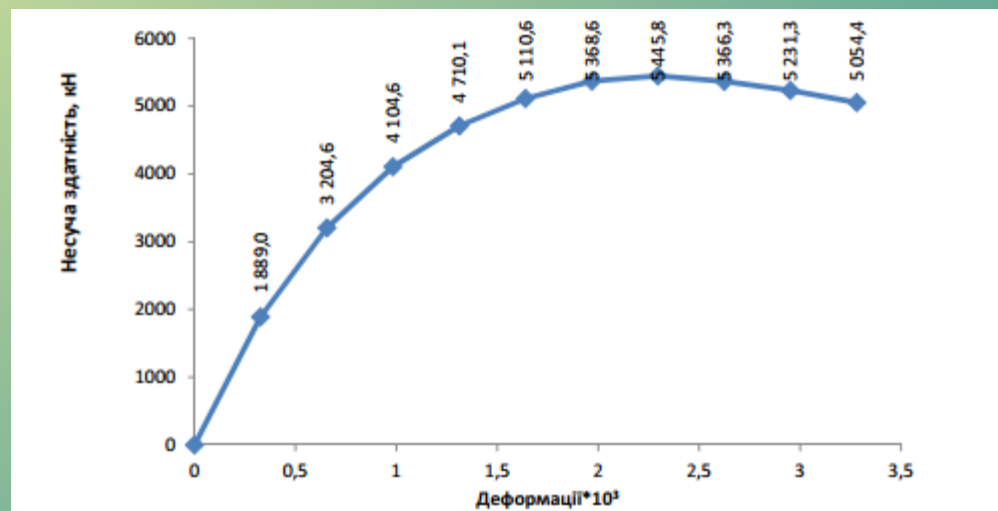


Рис. 17. Діаграма «стискальна сила-деформація» колони за нормальних температур

ОЦІНКА ВОГНЕСТІЙКОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОЛОН УТОЧНЕНИМИ РОЗРАХУНКОВИМИ МЕТОДАМИ

16

Метою дослідження є визначення межі вогнестійкості залізобетонних колон чисельними методами розрахунку.

Предметом дослідження є вогнестійкість залізобетонних колон за ознакою втрати несучої здатності (R).

Об'єктом дослідження є вогнестійкість позацентрово-стиснутих залізобетонних конструкцій.

Під час дослідження було вирішено такі задачі:

- 1) Аналіз розрахункових методів оцінки вогнестійкості будівельних конструкцій;
- 2) Встановлення нормативних вимог щодо вогнестійкості колон;

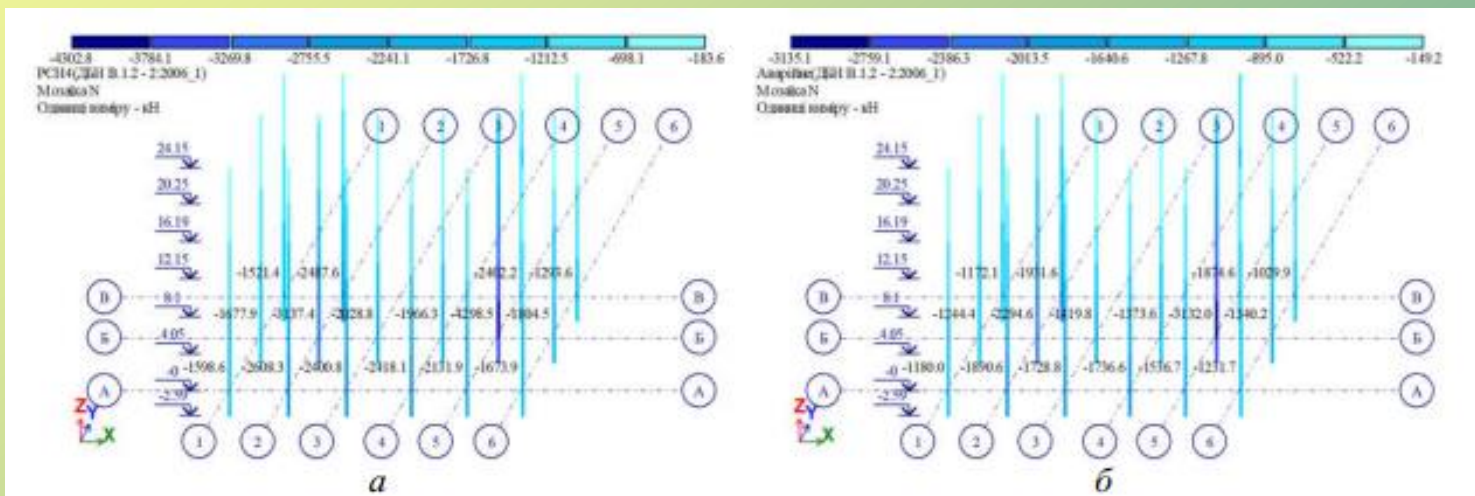


Рис. 18. Зусилля N (кН) в елементах колон:

а - основне розрахункове сполучення навантажень (РСН);

б - аварійне розрахункове сполучення навантажень

ОЦІНКА ВОГНЕСТІЙКОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОЛОН УТОЧНЕНИМИ РОЗРАХУНКОВИМИ МЕТОДАМИ

17

3) Визначення розподілу температури в перерізі залізобетонної колони внаслідок вогневого впливу за стандартним температурним режимом пожежі (теплофізичний розрахунок вогнестійкості);

4) Визначення залишкової несучої залізобетонної колони, що зазнала вогневого впливу за стандартним температурним режимом пожежі (статичний розрахунок вогнестійкості).

Розрахунок залізобетонних конструкцій на вогнестійкість виконують такими методами за ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2 [17]:

- табличні дані;
- спрощені методи розрахунку;
- уточнені методи розрахунку.

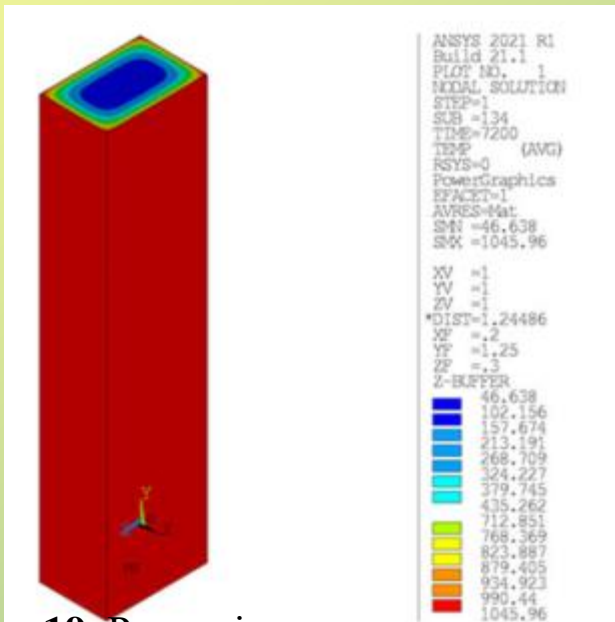


Рис. 19. Розподіл температури в колоні після 120 хв вогневого впливу пожежі (Ansys 2021)

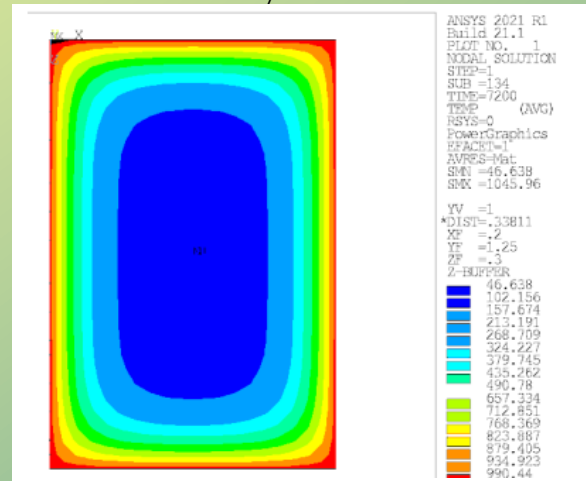


Рис. 20. Розподіл температури в перерізі колони після 120 хв вогневого

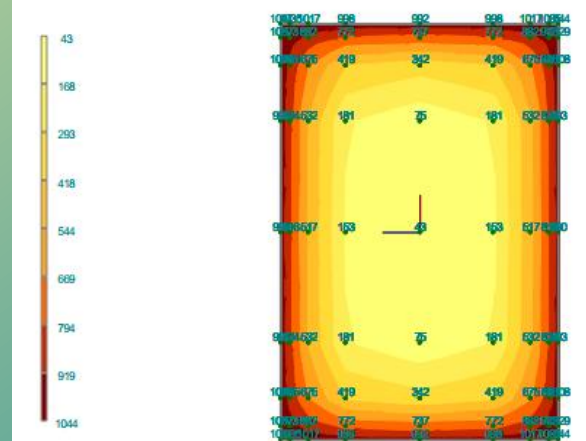


Рис. 21. Ізополя температури в перерізі колони (ПК Ліра-САПР 2020, експрес аналіз) впливу пожежі (Ansys)

ОЦІНКА ВОГНЕСТІЙКОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОЛОН УТОЧНЕНИМИ РОЗРАХУНКОВИМИ МЕТОДАМИ

За результатами оцінки вогнестійкості залізобетонних колон розрахунковими методами було зроблено такі висновки:

1. Коефіцієнт зниження розрахункового рівня навантаження у разі пожежі для найбільш навантаженої колони будівлі становить $\eta_{fi}=0,73$, що перевищує допустиме значення 0,7. Це не відповідає умовам застосування табличних даних для оцінки вогнестійкості колон.

2. Порівняльний аналіз результатів теплофізичних розрахунків колони при 120 хв вогневого впливу за стандартним температурним режимом пожежі, що були виконані програмних комплексах Ansys Mechanical 2021 R1 Academic і Ліра-САПР 2020 R3, показав їх задовільну збіжність.

Табл. 3. Результати теплофізичного розрахунку колони

| Температура, °C | Значення параметру для різних програмних комплексів | | | | | |
|------------------------|---|-------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| | Ansys Mechanical 2021 R1 Academic | Ліра-САПР 2020 R3 | | | | |
| | | Експрес-аналіз | Похибка щодо Ansys, % | Динамічний розрахунок | Похибка щодо Ansys, % | Похибка щодо Ліра, % |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Мінімальна в бетоні | 46,6 | 43 | 7,7 | 27 | 42,1 | 37,2 |
| Максимальна в бетоні | 1046 | 1044 | 0,2 | 1068 | -2,1 | -2,3 |
| Мінімальна в арматурі | 474 | 496 | -4,6 | 509 | -7,4 | -2,6 |
| Максимальна в арматурі | 726,8 | 736 | -1,3 | 759 | -4,4 | -3,1 |

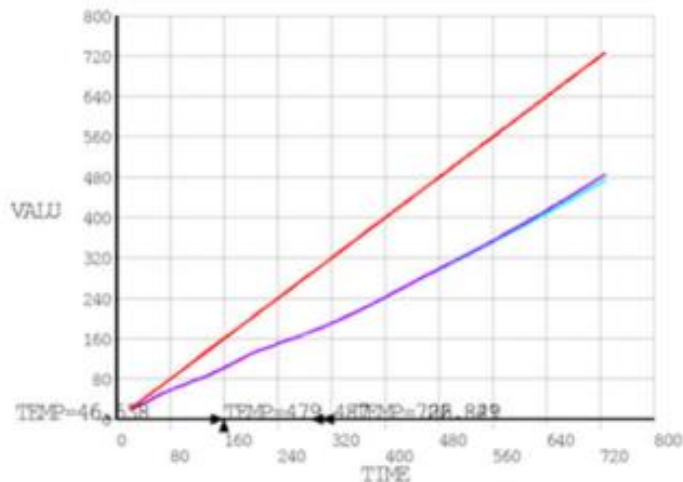


Рис. 22. Графіки зміни температури в арматурі колони (Ansys)

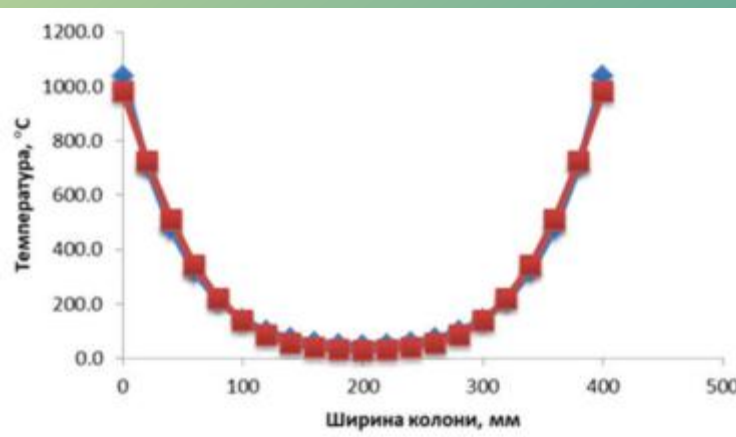


Рис. 23. Графіки розподілу температури по ширині перерізу колони

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

19

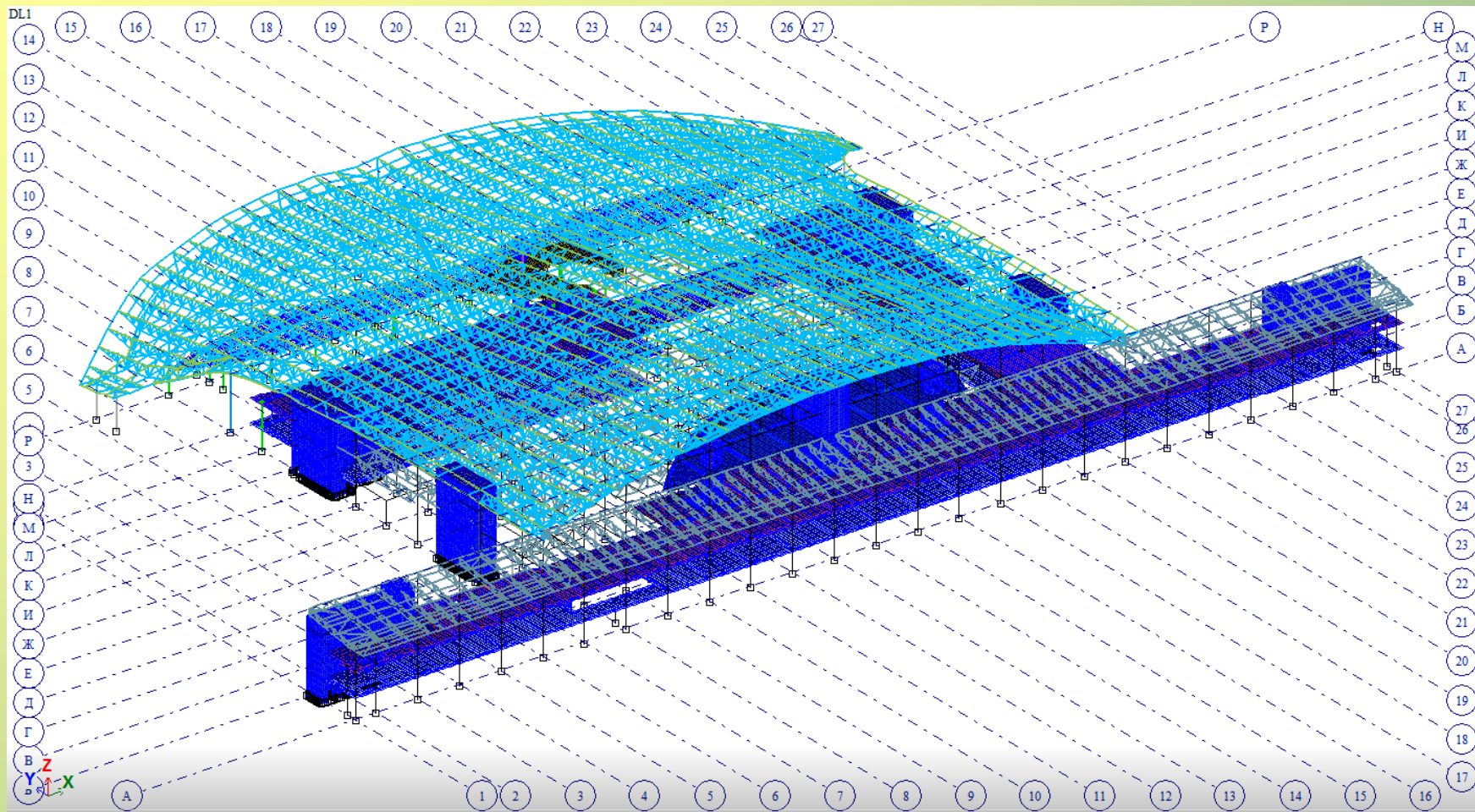
Слід також зазначити, що протягом своєї роботи представники наукового гуртка контактували із розробниками та групою технічної підтримки ПК «ЛІРА-САПР» з метою налагоджування та тестування стабільної роботи новітніх модулів програми.

Результативні показники роботи гуртка:

- протягом звітнього періоду члени гуртка опублікували 12 тез та зробили 5 доповідей на міжнародних наукових та науково-технічних конференціях.

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

20



Дякуємо за увагу!