

ЕФЕКТ ВІД ВРАХУВАННЯ НЕЛІНІЙНОЇ РОБОТИ ЗАЛІЗОБЕТОНУ ПРИ РОЗРАХУНКАХ МОНОЛІТНОГО ПЕРЕКРИТТЯ

Вінницький національний технічний університет;

Анотація

Виконано дослідження відмінності напружено-деформованого стану конструктивних елементів будівлі при використанні моделей без урахування та з урахуванням фізичної нелінійності матеріалів конструкцій. Для розрахунку була обрана каркасно-монолітна триповерхова будівля з підвалом з цегляними колонами та монолітними перекриттями, монолітною фундаментною плитою і самонесучими полегшеними стінами.

Розрахунки виконані в лінійній та нелінійній постановці за допомогою програмного комплексу Ліра САПР 2017. Врахована піддатливість основи через модель змінного коефіцієнту жорсткості.

Детально проаналізована відмінність напружено-деформованого стану плити перекриття при лінійних та нелінійних розрахунках. Виконане конструювання плити перекриття на відмітці +7,200 м будівлі поліклініки в м. Хмельницький на підставі розрахунків з урахуванням та без урахування фізичної нелінійності. За рахунок зменшення кількості арматури досягнутий економічний ефект 25,75 тис. грн.

Ключові слова: лінійна робота матеріалів, нелінійна робота матеріалів, напружено-деформований стан, каркасно-монолітна будівля.

Annotation

The research efficiency of the stressed-deformed existing structural building of the building at modern models without taking into account and taking into account the physical nonlinearity of the building structures has been carried out. To determine, the cardinal-monolithic three-storey building was erected with brick columns and monolithic floors, a monolithic foundation tile and self-supporting lightweight walls.

The calculations are offered in linear and nonlinear execution for the use of the software program Lira CAD 2017. The grouping of the basis through the model is taken into account, which changed the number of necessary factors.

The difference between the stress-strain state of the slab of slab over linear and nonlinear factors is analyzed in detail. The executed designer proposed a real-level overlap of +7,200 m of the hospital building in Khmelnytskyi city, without taking into account physical nonlinearity. By reducing the number of fittings achieved economic effect of 25,75 thousand UAH.

Keywords: linear work of materials, non-linear work of materials, stress-strain state, frame-monolithic building.

Вступ

Врахування нелінійної роботи конструкцій дозволяє здійснювати побудову адекватних розрахункових схем, виявляти додаткові резерви несучої здатності, знижувати матеріалоємність, забезпечувати конструктивну безпеку, здійснювати моделювання процесів життєвого циклу конструкцій – процес навантаження, процес зведення, процес змінення напружено-деформованого стану конструкції у часі, стійкість від прогресуючого руйнування. Для залізобетонних конструкцій врахування нелінійної роботи дозволяє виконати більш ефективно армування і одержати наближені до реальних переміщення конструкцій [1].

Врахування фізичної нелінійності роботи конструкцій дозволяє для багатоповерхової каркасної будівлі одержувати не тільки напружено-деформований стан, а і картину тріщиноутворення. Ізополя переміщень більш адекватно відображують характер роботи матеріалу.

До теперішнього часу відсутні рекомендації для проектувальників щодо доцільності використання нелінійних розрахунків у конкретних випадках проектної практики, тому тема роботи є актуальною.

У даній роботі поставлені задачі:

- вибір конструктивного рішення будівлі для аналізу впливу нелінійної роботи матеріалів конструкцій на НДС просторової системи;

- складання просторової розрахункової моделі для комплексного спільного розрахунку надземної частини каркасно-монолітної будівлі, фундаментів і ґрунтової основи;
- розрахунок у фізично лінійній постановці з використанням моделі піддатливої основи з одночасним підбором арматури;
- розрахунок у фізично нелінійній постановці після імпорту результатів підбору арматури;
- аналіз відмінності напружено-деформованого стану конструктивних елементів розглянутої будівлі при використанні моделей без урахування та з урахуванням фізичної нелінійності;
- визначення економічного ефекту від врахування нелінійної роботи матеріалу при проектуванні перекриття будівлі.

Результати дослідження

Був виконаний розрахунок каркасно-монолітної триповерхової будівлі з підвалом з цегляними колонами та монолітними перекриттями, монолітною фундаментною плитою і самонесучими полегшеними стінами. Розрахунки виконані за допомогою програмного комплексу Ліра САПР 2017.

Послідовність виконання розрахунків висвітлена у [1]. На першому етапі був виконаний розрахунок в лінійній постановці з підбором арматури і виконане конструювання плит перекриття за результатами розрахунку.

Аналіз виконувався для плит перекриття, які є найбільш чутливим для врахування нелінійної роботи конструктивним елементом.

Перед розрахунком у нелінійній постановці було прийняте рішення про зменшення кількості встановленої арматури. Основне фонове армування було залишено без змін, а кількість арматури в зонах найбільшої концентрації зменшена.

Результатами розрахунку плити з врахуванням фізичної нелінійності є ізополя напружень і переміщень в плиті, а також результати розрахунку тріщин.

На рис. 1 та 2 наведені результати розрахунку переміщень для плити перекриття відповідно при лінійному та нелінійному розрахунках.

З рис. 1, 2 видно суттєве збільшення деформацій прогину плити при врахуванні нелінійності. У таблиці 1 наведені співставлення прогинів при лінійному та нелінійному розрахунках для характерних ділянок.

Таблиця 1 - Співставлення прогинів при лінійному та нелінійному розрахунках для характерних ділянок плити перекриття.

Вид розрахунку	Прогин плити, мм, в прольоті			
	1-3, А-Б	1-3, В-Г	8-9, В-Г	10-11, В-Г
Лінійно-пружний	3,8	3,8	5,8	4,8
З урахуванням фізичної нелінійності	27	34	49	42

Як бачимо врахування нелінійної роботи призвело до збільшення переміщень в місці найбільшого прогину в 8 разів, але переміщення не перевищують допустимого значення.

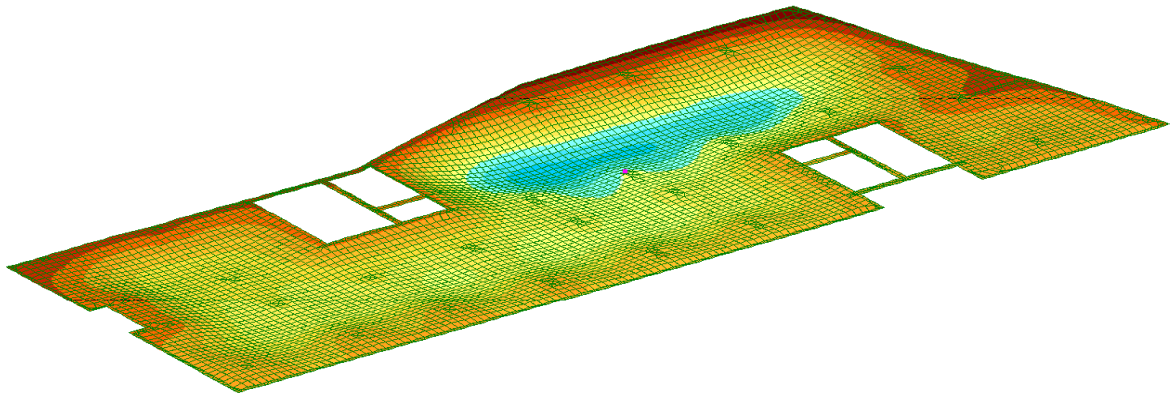
Ширина розкриття тріщин в плиті не має перевищувати 0,3 мм. Результати розрахунку у нелінійній постановці показали, що прийняте рішення про зменшення кількості додаткової арматури у найбільш напружених зонах забезпечує надійну роботу конструкції.

На рис. 3, 4 для прикладу наведені ізополя напружень M_x відповідно при лінійному та нелінійному розрахунках.

Характер зміни внутрішніх напружень в плиті показаний на прикладі епюр згинальних моментів і поперечних сил в плиті для ділянки в осях 1-4, А-В (рис. 5, 6).

Як бачимо з рис. 3 - 6 при врахуванні нелінійної роботи залізобетону плити перекриття одержали більш рівномірне розподілення згинальних моментів. Максимальні значення згинальних моментів в плиті зменшились. Максимуми на крайових ділянках, які мали місце при лінійному розрахунку, зменшились і згинальні моменти перемістились у середні ділянки плити. Це можна пояснити тим, що в місцях концентрації напружень виникають тріщини, жорсткість елемента зменшується і конструкція перерозподіляє зусилля на інші ділянки.

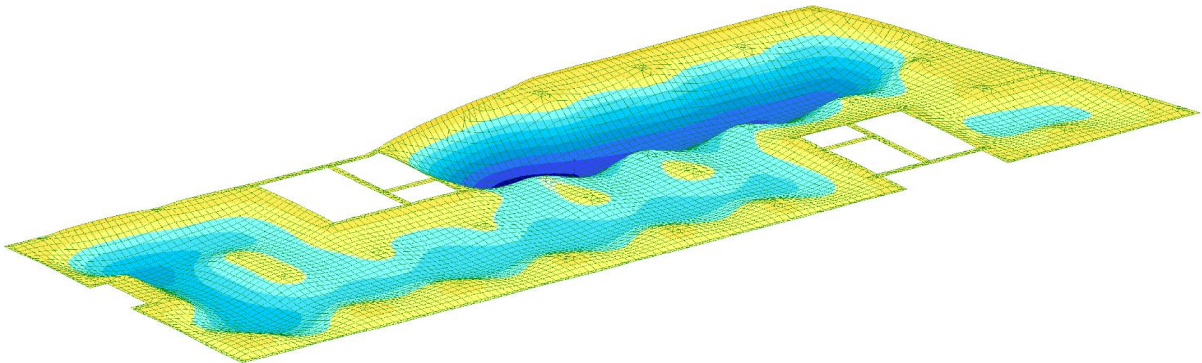
-3.79 -2.85 -1.43 -0.0379 0.0379 1.43 2.85 4.28 5.71 7.13 8.56 9.98 11.4
 РСН1 (ДБН В.1.2 - 2:2006_1)
 Изополя относительных перемещений по Z(G)
 Единицы измерения - мм



Y Z X
 Отм.+ 7.300

Рис. 1 – Изополя перемещень при лінійному розрахунку

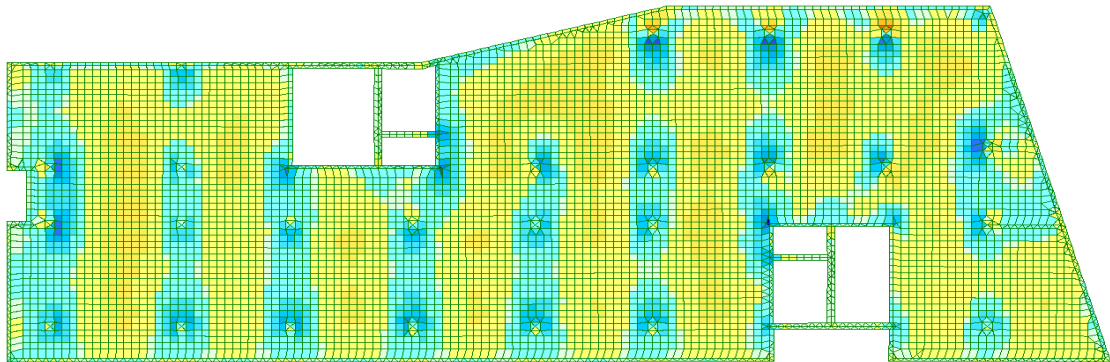
-55 -48.1 -41.2 -34.3 -27.5 -20.6 -13.7 -6.87 -0.179 0.179 6.87 13.7 18
 Нелинейное загрузеие 1
 Изополя относительных перемещений по Z(G)
 Единицы измерения - мм



Отм.+ 7.300

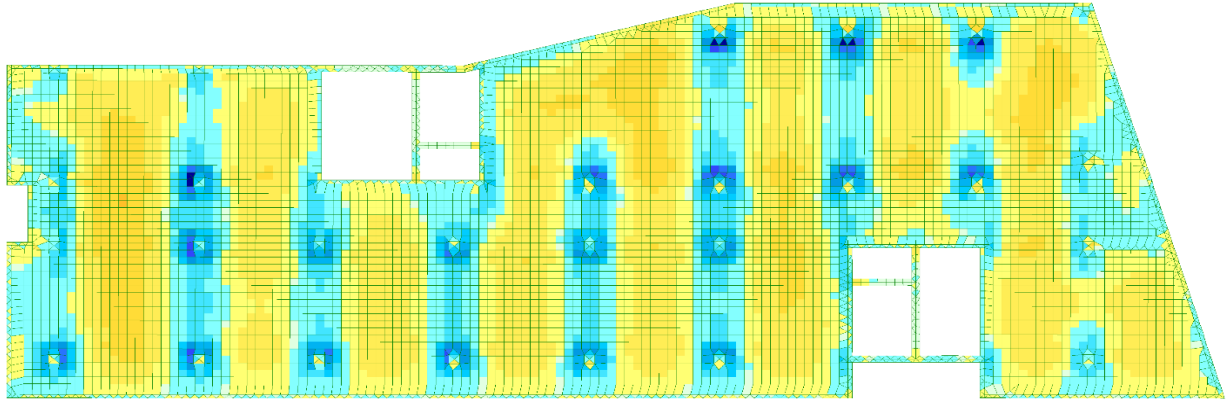
Рис. 2 – Изополя перемещень при нелінійному розрахунку

-89.5 -78.3 -67.1 -55.9 -44.7 -33.5 -22.4 -11.2 -0.668 0.668 11.2 22.4 33.5 44.7 55.9 66.9
 РСН1 (ДБН В.1.2 - 2:2006_1)
 Мозаика напряжений по Mx
 Единицы измерения - (кН*м)/м



Y Z X
 Отм.+ 7.300

Рис. 3– Изополя напряжень M_x при лінійному розрахунку



Т.х.Овн. 7.300

Рис. 4 – Ізополя напружень M_x при нелінійному розрахунку

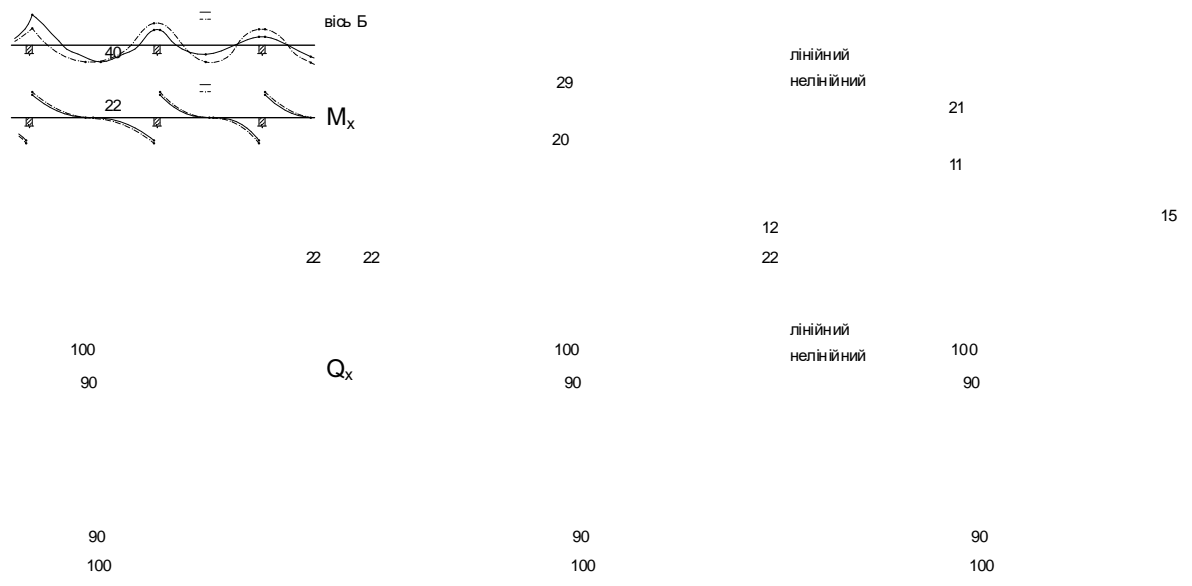


Рис. 5 - Епюри згинальних моментів та поперечних сил в плиті перекриття уздовж осі Б

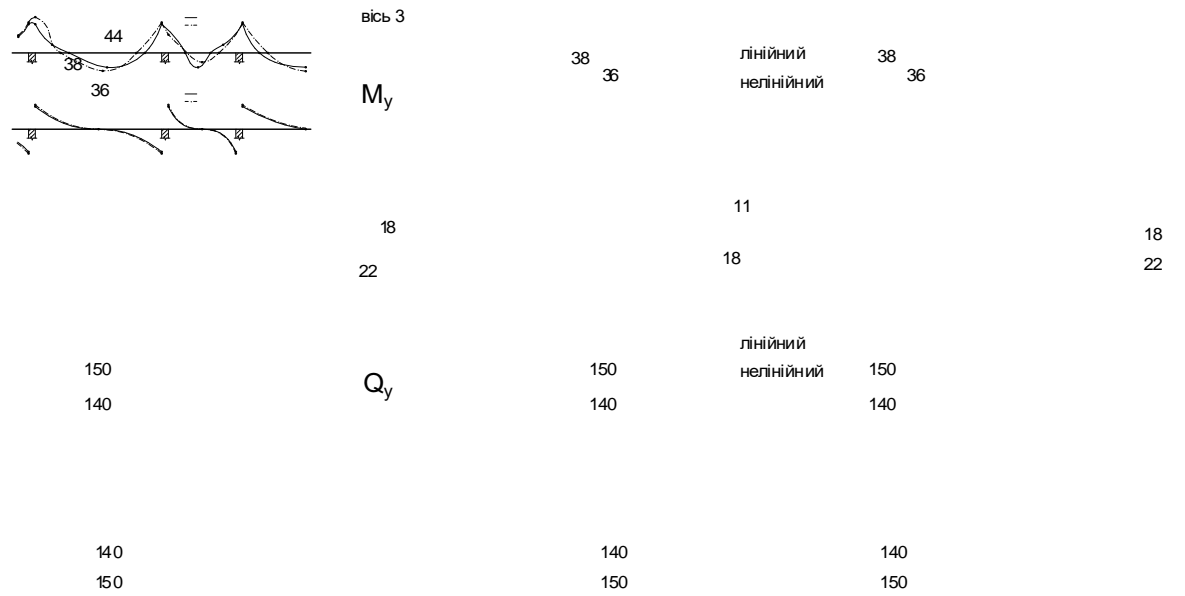


Рис. 6 - Епюри згинальних моментів та поперечних сил в плиті перекриття уздовж осі 3

Характер розподілу поперечних сил практично не змінився при врахуванні фізичної нелінійності.

Перевагою нелінійного розрахунку є те, що він дозволяє проаналізувати процес тріщиноутворення у конструкції при заданому армуванні.

Результати розрахунку у нелінійній постановці показали, що прийняте рішення про зменшення кількості додаткової арматури у найбільш напружених зонах забезпечує надійну роботу конструкції.

Для визначення економічної ефективності від врахування фізичної нелінійності роботи залізобетону при розрахунку залізобетонних конструкцій каркасної будівлі у порівнянні з використанням моделей без врахування нелінійної роботи (у фізично лінійній постановці з використанням моделі піддатливої основи) виконане конструювання плити перекриття на відмітці +7,200 м досліджуваної будівлі. За рахунок зменшення кількості арматури досягнутий економічний ефект.

Отримані дані свідчать про те, що варіант конструктивного рішення плити перекриття на підставі розрахунків з врахуванням фізичної нелінійності є економічним варіантом, оскільки цей варіант має найменший показник приведених витрат – 519,393 тис. грн., а тому економічний ефект –25,75 тис. грн. у порівнянні з дорожчим варіантом будівництва – 545,147 тис. грн.

Висновки

1. Перехід до просторового моделювання у фізично нелінійній постановці призводить до більш адекватної картини розподілу внутрішніх зусиль в конструкції монолітного перекриття.

2. Врахування фізичної нелінійності роботи конструкцій дозволяє для багатопверхової каркасної будівлі одержувати не тільки напружено-деформований стан, а і картину тріщиноутворення. Ізополя переміщень більш адекватно відображують характер роботи матеріалу.

3. При врахуванні фізичної нелінійності в плитах перекриття виникає перерозподіл згинальних моментів з більш напружених перерізів у менш напружені, що пояснюється зменшенням жорсткості в місцях концентрації напружень за рахунок виникнення тріщин.

4. При врахуванні фізичної нелінійності суттєво зростають величини прогинів конструкцій, врахування яких дозволяє забезпечувати конструктивну безпеку.

5. Врахування фізичної нелінійності дозволяє виявляти додаткові резерви несучої здатності, знижувати матеріалоємність.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Маєвська І. В. Вплив врахування нелінійної роботи матеріалів на напружено-деформований стан залізобетонного перекриття [Електронний ресурс] / І. В. Маєвська, Д. В. Бардига // Матеріали XLIX науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 27-28 квітня 2020 р. – Електрон. текст. дані. – 2020. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2020/paper/view/9296>.

2. ПРОГРАММНИЙ КОМПЛЕКС ЛИРА-САПР®. Руководство пользователя. Обучающие примеры Водопьянов Р.Ю., Титок В.П., Артамонова А.Е, Ромашкина М.А. Под редакцией академика РААСН Городецкого А.С. Электронное издание, 2017 г., – 535 с.

Дмитро Васильович Бардига — магістрант гр. Б-18мі, факультет будівництва теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет. М, Вінниця. . bardigadima@gmail.com

Науковий керівник: *Ірина Вікторівна Маєвська* — канд. техн. наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. . irina.mayevskaja@gmail.com

Dmitro Bardiga - Master hr. B-18mi, Department of construction of thermal power and gas, Vinnytsia National Technical University.

Supervisor *Irina V. Majewska* - candidate. Sc., assistant professor of department of construction, architecture and municipal economy, Vinnytsia National Technical University. Vinnitsa.