

## УДК 624.012.25

### Аналіз результатів теоретичних та практичних розрахунків підсилених згинаних елементів.

асистент, аспірант Андрієвська Я.П.

ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет», м. Херсон

У практиці будівництва будівельних конструкцій зазвичай виникає необхідність точно описати напружено-деформований стан елемента. Звичайно буває достатньо з необхідною точністю визначити несучу здатність елемента і максимальні прогини. Таким чином, існує необхідність уточнення існуючих методів розрахунку, що дозволить оцінити несучу здатність і деформативність конструкції.

Задля порівняння результатів експериментальних та теоретичних досліджень виконаємо розрахунок поперечного перерізу звичайної та підсилених балок. Розглянемо ліву частину балки. Розподіл деформацій, напружень та зусиль у нормальному перерізі для балки серії БО-І наведено на рис. 1.

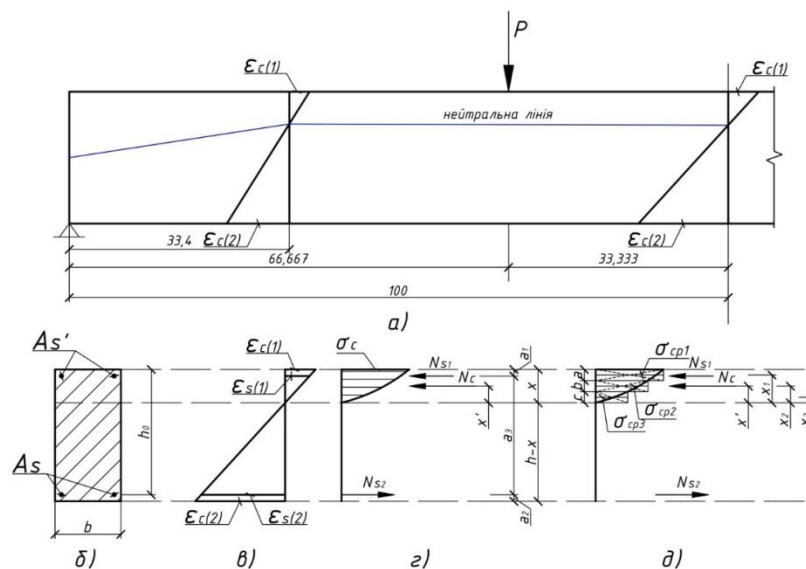


Рис. 1 – Схема деформацій, напружень та зусиль в поперечному перерізі балки серії БО-І: а) схема балки; б) поперечний переріз; в) епюра напружень; г) розрахункова схема зусиль; д) схема визначення напружень у бетоні. Визначимо зусилля у поздовжній арматурі у верхній та нижній частинах балки ( $N_{s1}$ ;  $N_{s2}$ ) та зусилля у бетоні ( $N_c$ ) у центральному поперечному перерізі.

1) за допомогою даних, отриманих під час експерименту за індикаторами, що були розташовані на бетоні у центральному перерізі та на відстані 38,5 см від крайніх опор балки визначимо деформації бетону у цих зонах та проведемо нейтральну лінію;

2) приймаючи гіпотезу плоских перерізів визначимо деформації поздовжньої арматури у верхній та нижній частинах балки ( $\epsilon_{s1}$ ;  $\epsilon_{s2}$ ). Каркас залізобетонної балки виконаний з арматури  $\varnothing 6,5$  мм класу А240С, площа поперечного перерізу арматури  $A_s = A_s' = 0,663 \text{ см}^2$ . Використовуючи

діаграму розтягу « $\sigma - \varepsilon$ » арматури класу А240С визначимо напруження у поздовжній арматурі у верхній  $\sigma_{s1}$  та нижній частинах балки  $\sigma_{s2}$ , які відповідають знайденим деформаціям. Зусилля знаходимо за формулою 3.1:

$$N_s = \sigma_s \cdot A_s \quad (1)$$

3) Використовуючи діаграму « $\sigma_c - \varepsilon_c$ » для бетону класу С45/55 визначимо напруження у бетоні для трьох значень деформацій (рис. 3.1 д). Зусилля знаходимо за формулою 3.2:

$$N_c = (\sigma_{cp1} \cdot a + \sigma_{cp2} \cdot b + \sigma_{cp3} \cdot c) \cdot 10 \quad (2)$$

Відстань від центру тяжіння перерізу до нейтральної лінії визначимо за формулою 3.3:

$$X' = \frac{\sigma_{cp1} \cdot a \cdot x_1 + \sigma_{cp2} \cdot b \cdot x_2 + \sigma_{cp3} \cdot c \cdot x_3}{\sigma_{cp1} \cdot a + \sigma_{cp2} \cdot b + \sigma_{cp3} \cdot c} \quad (3)$$

4) Визначаємо сумарний згинальний момент від арматури та бетону відносно нейтральної лінії за формулою 3.4 у балці серії БО-І. Він має дорівнювати згинальному моменту від зовнішнього навантаження  $P$ .

$$M_{н.л.} = N_c \cdot X' + N_{s1} \cdot (x - a_1) + N_{s2} \cdot (h_0 - x) \quad (4)$$

Для балки серії БО-І було обрано три стадії навантаження. Результати розрахунку зведено до таблиці 3.1.

**Таблиця 3.1**

Визначення згинальних моментів для балки серії БО-І

$M_{н.л.бетон},$ кН·м	$M_{н.л.ар-ра},$ кН·м	$\sum M_{н.л.},$ кН·м	$M_p,$ кН·м	Розбіжність, %
0,611	0,0459	0,6569	0,667	1,5
2,669	0,416	3,085	3,202	3,8
0,956	3,458	4,414	4,586	3,9

**Примітки:**  $M_{н.л.бетон}$  – згинальний момент опору бетону відносно нейтральної лінії;  $M_{н.л.ар-ра}$  – згинальний момент відносно нейтральної лінії від внутрішньої поздовжньої арматури;  $\sum M_{н.л.}$  – сумарний згинальний момент відносно нейтральної лінії;  $M_p$  – зовнішній згинальний момент у центральному перерізі балки від зовнішнього прикладеного навантаження.

За таким самим алгоритмом виконуємо розрахунок підсилених балок серії БПС-ІІ, БПС-ІІІ. Після знаходження сумарного моменту від арматури та бетону визначимо момент від системи підсилення. Для цього замінимо систему підсилення силами, що діють на балку (рис. 2).

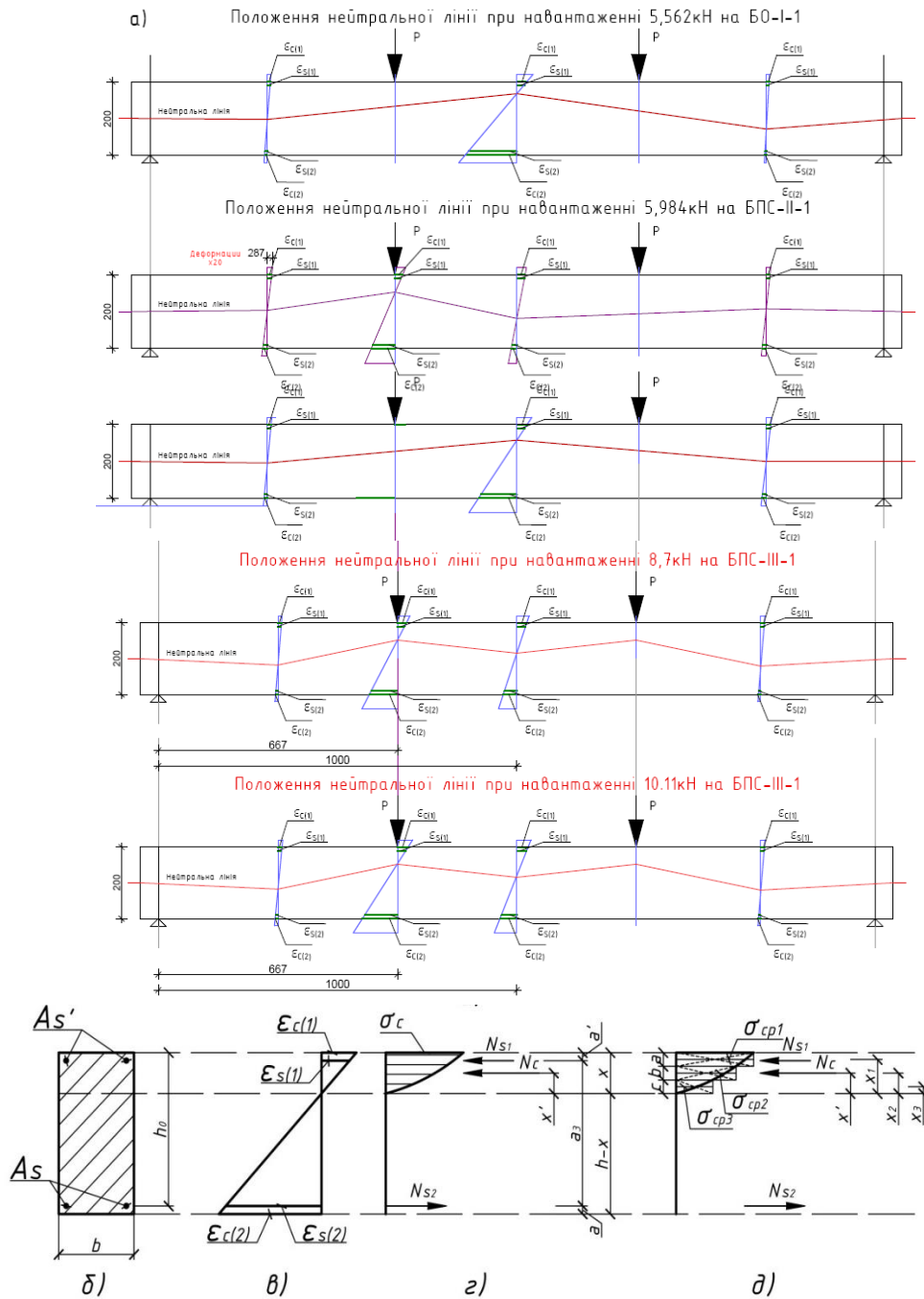


Рис. 2 – Схема деформацій, напружень та зусиль в поперечному перерізі балки серії БПС-ІІ, БПС-ІІІ: а) схема балки; б) поперечний переріз; в) епюра напружень; г) розрахункова схема зусиль

Для визначення проєкцій сил  $N$  на вісі  $X$  та  $Y$  на базі розрахункової схеми балки приведеної на рис. 3 розроблена програма розрахунку на ЕОМ з використанням програми «MathCAD Professional». Результати розрахунку зовнішніх сил наведено на рисунку 3

Для визначення усіх зусиль були введені усі початкові координати вузлів на площині та записані для кожного стрижня закон Гука та враховані їх деформації після натягу арматури та під час прикладання ступенів навантаження.

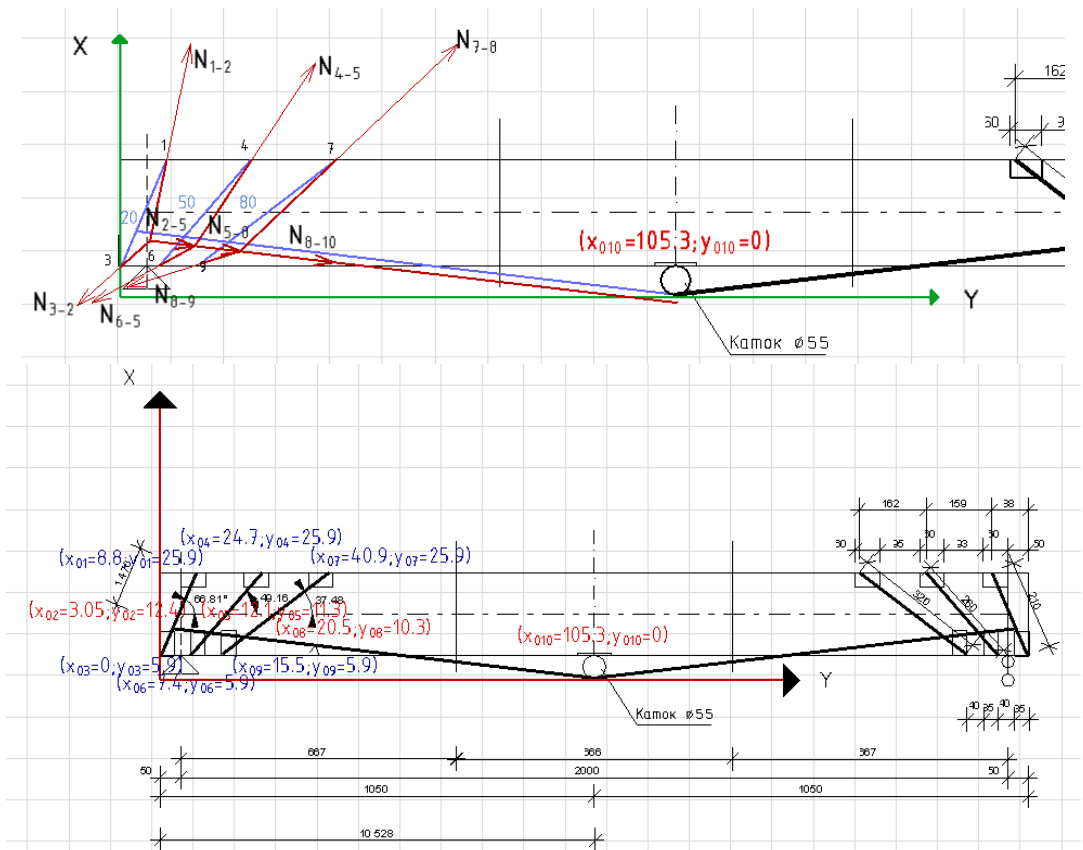


Рис. 3 – Розрахункові схеми балки для попереднього розрахунку.

Для контролю відкладених координат був побудований графік, що відображає систему підсилення на балці після деформацій, дивись рис. 4

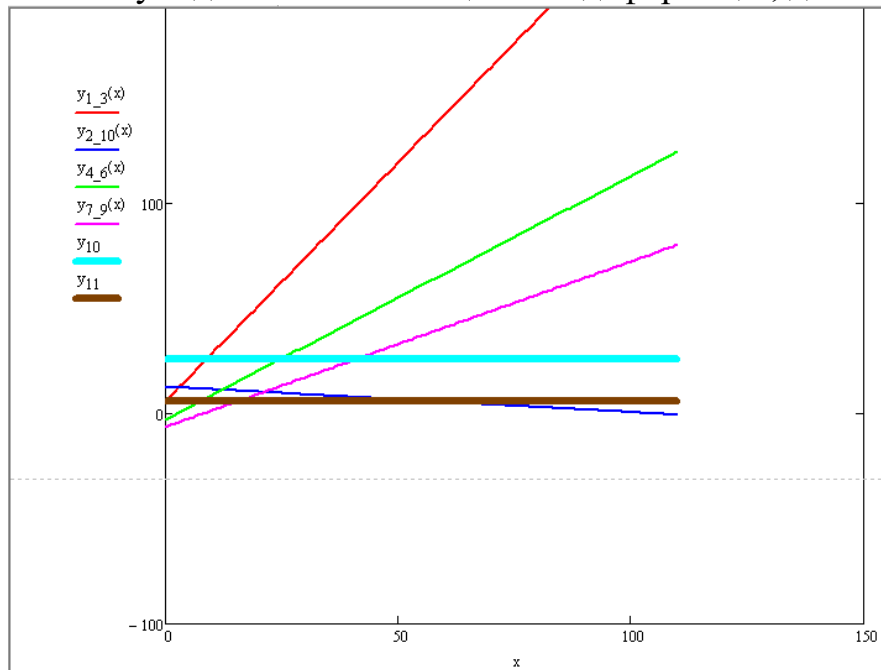


Рис. 4 – Графік для контролю роботи системи підсилення.

Уривок програми з виведеними результатами зусиль у стрижнях показан на рис. 5

$N_{1\_2} = 14.288$	$N_{6\_5} = 16.863$	$N_{7\_8} = 16.08$	$x_2 = 3.349$	$y_2 = 12.174$
$N_{2\_5} = 1.986$	$N_{8\_9} = 20.341$	$N_{5\_8} = 4.968$	$x_5 = 12.524$	$y_5 = 10.863$
$N_{3\_2} = 15.371$	$N_{4\_5} = 14.557$	$N_{8\_10} = 9.902$	$x_8 = 21.416$	$y_8 = 9.599$
$x_2 - x_{02} = 0.489$	$y_2 - y_{02} = -0.226$			
$x_5 - x_{05} = 0.465$	$y_5 - y_{05} = -0.424$			
$x_8 - x_{08} = 0.445$	$y_8 - y_{08} = -0.609$			

Рис. 5 – Виведені результати програми.

Після встановлення зусиль у стрижнях побудовані епюри від зовнішнього навантаження та системи підсилення.

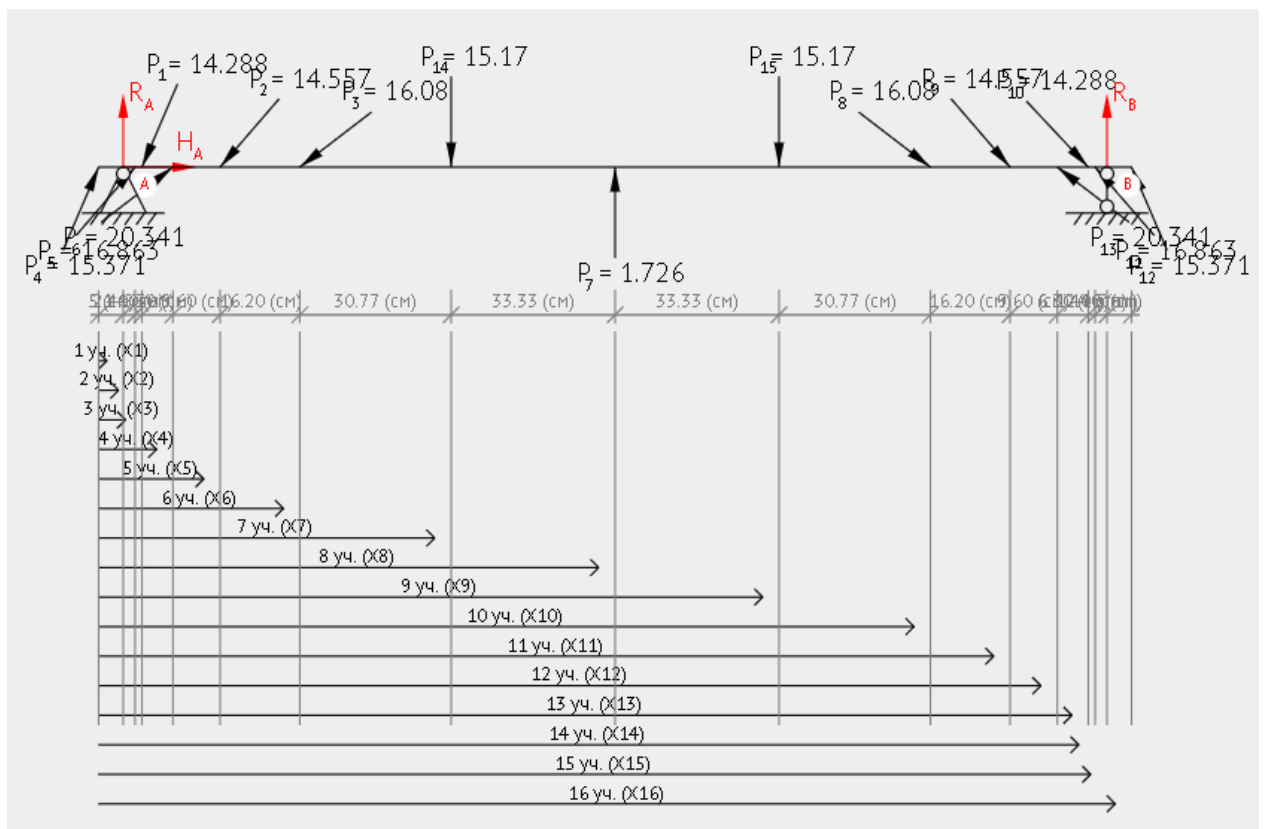


Рис. 6 – Розрахункова схема балки.

Так як зусилля прикладені під кутом, розкладаємо їх на вертикальні та горизонтальні та будуємо епюри від кожного типу зусиль.

Епюра від зовнішнього навантаження наведена на рис. 7

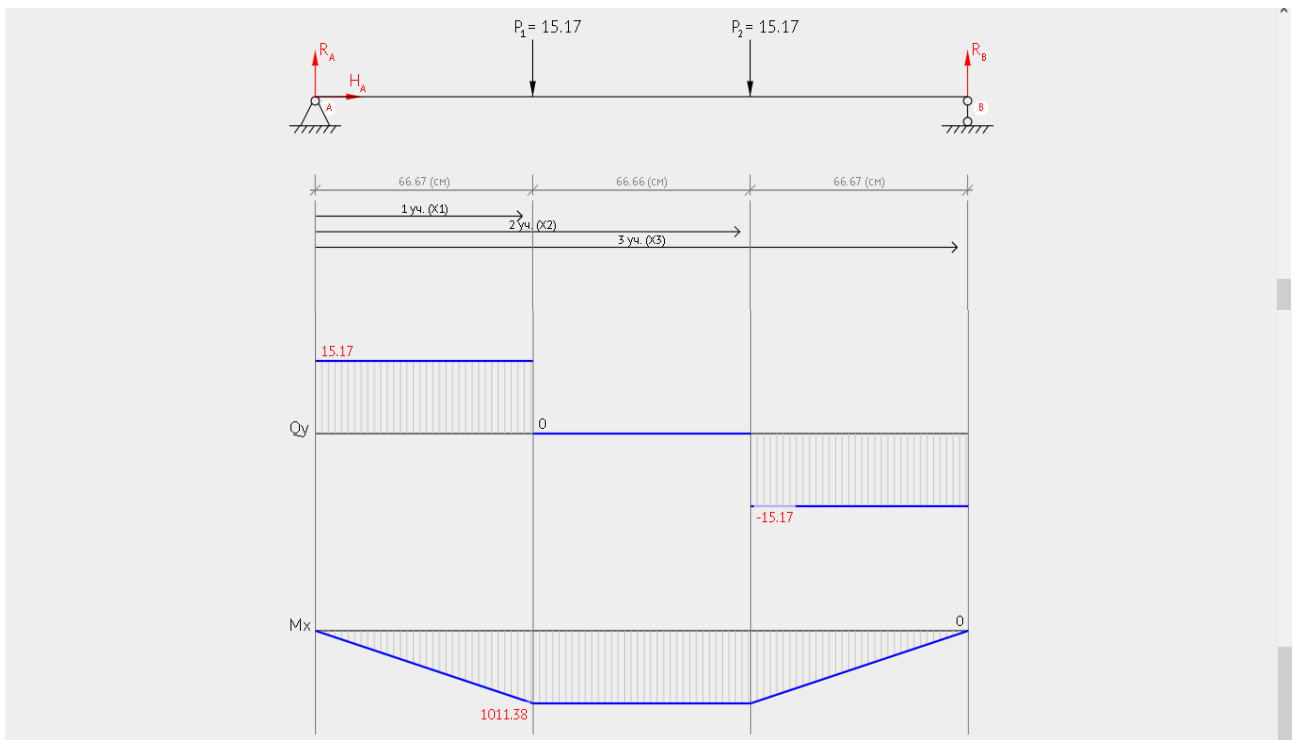
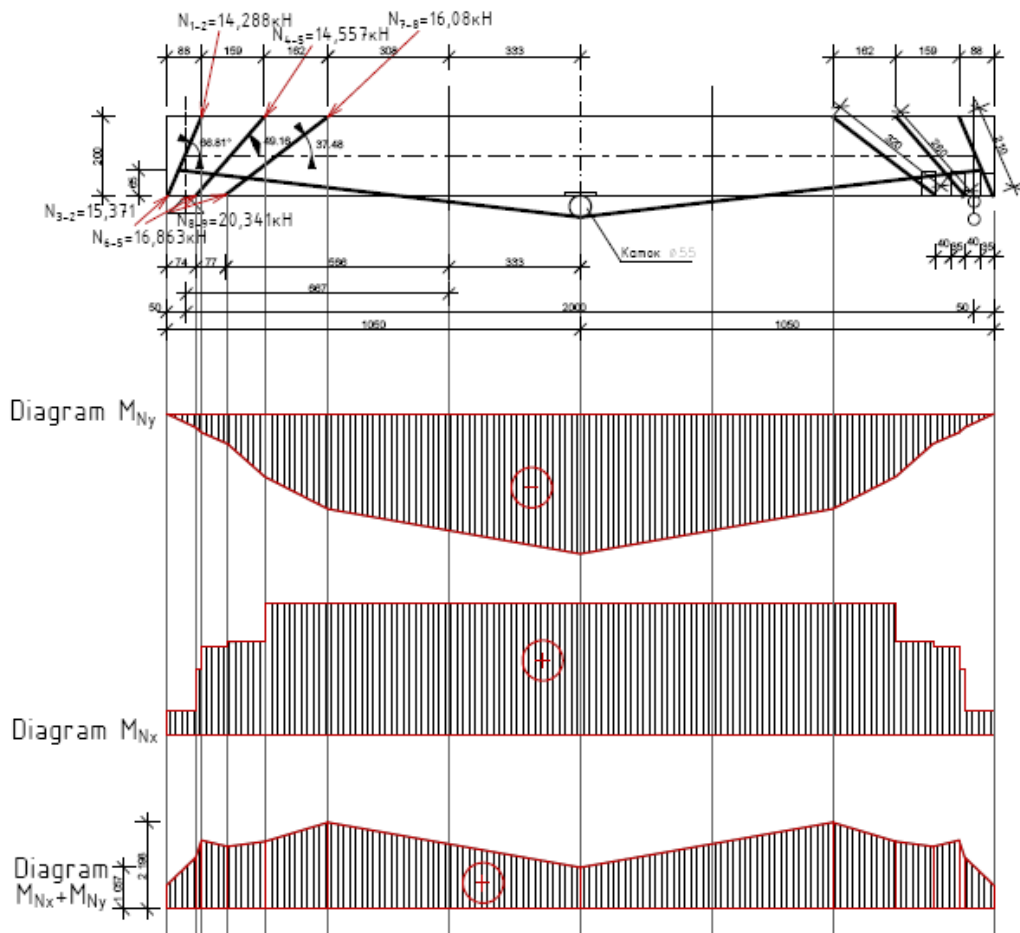


Рис. 7— Прикладені вертикальні зусилля від системи підсилення.  
Кінцево еюра має вигляд

БПС-III-1 при навантаженні 15,17кН  
на 8 ступені



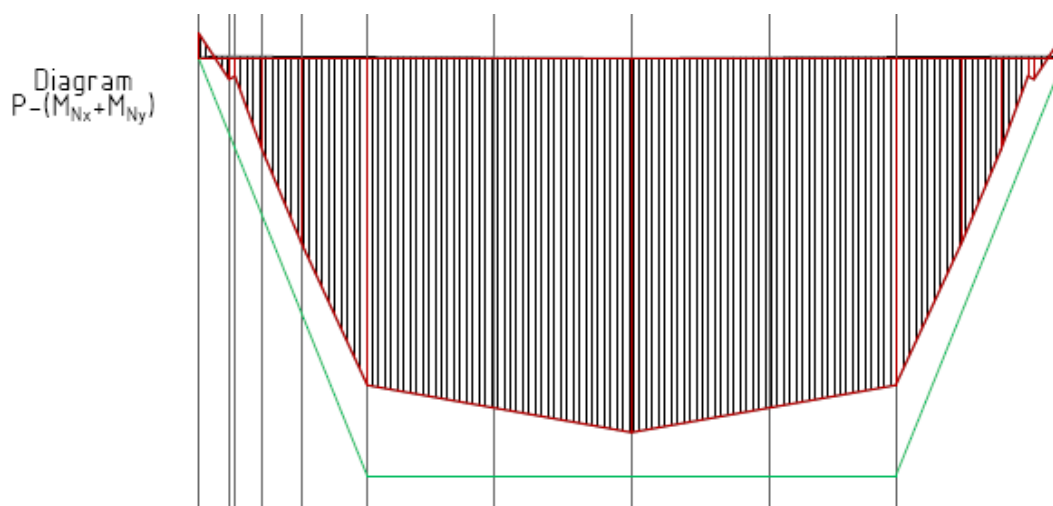


Рис. 8– Результуюча епюра.

**Висновки.** При максимальному згинальному моменті для балки серії БО-І її прогин у перерізі посередині балки складав 14,29 мм. При такому самому згинальному моменті балка серії БПС-ІІ мала прогин 9,83 мм. Прогин зменшився у 1,45 разів. Балка серії БПС-ІІІ мала прогин 1,31 мм, прогин відносно балки серії БО-І зменшився у 10,9 разів, а відносно балки БПС-ІІ у 7,5 разів.

#### Список використаних джерел

1. Патент України № 99090 У, МПК Е04С3/20 Регульовано напружена балка Чекановича/ а2014 14006; опубл25.05.2015 бюл. №10
2. Гольшев А.Б. Проектирование усиленных несущих железобетонных конструкций производственных зданий и сооружений/ А.Б. Гольшев, И.Н. Ткаченко. - К.: Логос, 2001. - 172 с.
3. ДСТУ Б В.1.2-3:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Прогини та переміщення. Вимоги проектування [Текст]. Чинні з 01.01.2007 р. – К.: Мінбуд України, 2006. – 15 с.